

PHYTOPATHOLOGISCHE ZEITSCHRIFT

In Gemeinschaft mit

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Appel-Berlin-Dahlem, Prof. Dr. Atanasoff-Sofia, Prof. Dr. Boas-München, Prof. Dr. W. B. Brierley-Reading, Prof. Dr. Foex-Paris, Prof. Dr. und Dr. h. c. Klebahn-Hamburg, Regierungsrat Dr. E. Köhler-Berlin-Dahlem, Prof. Dr. Liro-Helsinki, Prof. Dr. Müller-Berlin-Dahlem, Prof. Dr. E. Münch-München, Prof. Dr. Naumov-Leningrad, Prof. Dr. Petri-Rom, Prof. Dr. Quanjér-Wageningen, Prof. Dr. Stakman-St. Paul, U. S. A., Prof. Dr. Takewo Hemmi-Kyoto, Prof. Dr. Westerdijk-Baarn

und unter Mitarbeit von

Dr. H. Rabien, Braunschweig-Gliesmarode

herausgegeben von

Prof. Dr. G. Gassner
Ankara

und

Prof. Dr. E. Gäumann
Zürich

BAND XI



Mit 125 Abbildungen

1938

VERLAG VON PAUL PAREY IN BERLIN

Phytopath. Z. Bd. XI S. 1—634, Bln. 1938

Inhaltsverzeichnis zum XI. Band

1. Abhandlungen

	Seite
Anliker, Joh., Infektionsversuche an Schnittlauch (<i>Allium Schoenoprasum</i> L.) mit <i>Fusarium vasinfectum</i> Atk. var. <i>zonatum</i> (Sherb.) und <i>Fusarium avenaceum</i> (Fr.) Sacc.	439
Christoff, Alexander, Virus diseases of the genus <i>Prunus</i> in Bulgaria	360
Eek, Th. van, Root-rot of <i>Viola tricolor maxima</i> Hort.	217
Gäumann, Ernst und Riethmann, Otto, Zur Methodik der Versuche mit konstanten Bodentemperaturen	617
Gaßner, G. und Franke, W., Die Wirkung tiefer Keimtemperaturen auf den Stickstoffhaushalt junger Weizenkeimblätter	297
Gaßner, G. und Kirchhoff, H., Einige abschließende Versuche über die Wirkung der Warmbenetzungsbeize	115
Gaßner, G. und Franke, W., Einige Versuche über die Beeinflussung des Stickstoffhaushaltes junger Weizenblätter durch den Kohlensäuregehalt der Luft	98
Gaßner, Gustav, Über Partialinfektionen von Weizenkörnern durch <i>Tilletia</i> und die Entstehung der Steinbrandbutten	451
Gaßner, Gustav, Über Auftreten und Verbreitung von <i>Tilletia tritici</i> und <i>Tilletia foetens</i> in der Türkei	469
Gaßner, Gustav, Untersuchungen über Keimgeschwindigkeit und Infektionsvermögen verschiedener Stämme von <i>Tilletia foetens</i> und <i>Tilletia tritici</i>	489
Gaßner, Gustav und Franke, Walter, Untersuchungen über den Stickstoffhaushalt rostinfizierter Getreideblätter	517
Gaßner, G. und Hassebrauk, K., Untersuchungen über den Einfluß von Äther- und Chloroformnarkose auf das Rostverhalten junger Getreidepflanzen	47
Hassebrauk, K., Weitere Untersuchungen über Getreiderostbekämpfung mit chemischen Mitteln	14
Itzerott, Dorothea, Über Keimung und Wachstum von <i>Ustilago zeae</i> (Beckm.) Ung. mit besonderer Berücksichtigung der Infektion	155
Lehmann, H., Ein weiterer Beitrag zum Problem der physiologischen Spezialisierung von <i>Phytophthora infestans</i> de Bary, dem Erreger der Kartoffelkrautfäule	121
Reckendorfer, Dr. Paul, Über die Wirkungsdauer der Schwefelkalkbrühe	423
Schropp, W. und Arenz, B., Über die Wirkung von Bor und Mangan auf das Wachstum der Maispflanze	588
Straib, W., Über den Einfluß der Steinbrandinfektion auf das Gelbrostverhalten des Weizens	571
Straib, W., Über eine nichtparasitäre Blattkrankheit an Keimpflanzen von Gerste	319
Straib, W., Untersuchungen zum Verlauf der Herbstinfektion und Überwinterung des Gelbrostes auf Weizen und Gerste	331
Szirmai, János, Die „Dörrfleckenkrankheit“ (Hitzeschaden) des Paprikas	1
Went, Johanna C., Compilation of the investigations on the susceptibility of different elms to <i>Ceratostomella ulmi</i> Buisman in the Netherlands	181
Wenzl, Hans, <i>Botrytis cinerea</i> als Erreger einer Fleckenkrankheit der <i>Cyclamen</i> -Blüten	107
Wenzl, Hans, Die „Gelbfleckigkeit“ der Kartoffelknollen	607
Wenzl, Hans, Über die Zusammenhänge zwischen Braunmarkigkeit (Hohlherzigkeit) und Wuchsform der Kartoffelknollen	282

2. Kurze Mitteilungen

Seite

Blattný, Dr. Ing. Ctibor und Robek, Dr. Ing. Anton, Ein Versuch mit der Passage des Blattrollkrankheitsvirus bei der Kartoffel	207
Friedrich, Heimo, Eine neue Farbreaktion zur Diagnose des Abbaugrades der Kartoffel- knolle	202
Hassebrauk, Zu: Weitere Untersuchungen über Getreiderostbekämpfung mit chemischen Mitteln	212
Ralski, Eugeniusz, Die Empfänglichkeit des Weizens für den Braunrost <i>Puccinia triticea</i> Eriks.	447

3. Besprechungen	109
"	212
"	632

Inhaltsverzeichnis

Heft 1

1. Abhandlungen	Seite
Szirmai, János , Die „Dörrfleckenkrankheit“ (Hitzeschaden) des Paprikas. Aus dem Königl. Ung. Institut für Pflanzenschutzforschung in Budapest. (Mit 7 Abb.)	1
Hassebrauk, K. , Weitere Untersuchungen über Getreiderostbekämpfung mit chemischen Mitteln. Aus der Zweigstelle Glesmarode der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft	14
Gaßner, G. und Hassebrauk, K. , Untersuchungen über den Einfluß von Äther- und Chloroformnarkose auf das Rostverhalten junger Getreidepflanzen	47
Gaßner, G. und Franke, W. , Einige Versuche über die Beeinflussung des Stickstoffhaushaltes junger Weizenblätter durch den Kohlensäuregehalt der Luft. (Mit 1 Abbildung).	98
Wenzl, Hans , <i>Botrytis cinerea</i> als Erreger einer Fleckenkrankheit der <i>Cyclamen</i> -Blüten. Aus der Bundesanstalt für Pflanzenschutz in Wien. (Mit 1 Abbildung)	107
2. Besprechungen	109

Heft 2

1. Abhandlungen	
Gaßner, G. und Kirchhoff, H. , Einige abschließende Versuche über die Wirkung der Warmbenetzungsbeize	115
Lehmann, H. , Ein weiterer Beitrag zum Problem der physiologischen Spezialisierung von <i>Phytophthora infestans</i> de Bary, dem Erreger der Kartoffelkrautfäule. Aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Züchtungsforschung, Müncheberg. (Mark). (Mit 12 Abbildungen)	121
Itzerott, Dorothea , Über Keimung und Wachstum von <i>Ustilago zeae</i> (Beckm.) Ung. mit besonderer Berücksichtigung der Infektion. Aus dem Institut für Pflanzenkrankheiten Landsberg (Warthe)	155
Went, Johanna C. , Compilation of the investigations on the susceptibility of different elms to <i>Ceratostomella ulmi</i> Buisman in the Netherlands. From the Phytopathological Laboratory "Willie Commelin Scholten" Baarn. (With 2 Photographs)	181
2. Kurze Mitteilungen	
Friedrich, Heimo , Eine neue Farbreaktion zur Diagnose des Abbaugrades der Kartoffelknolle. Aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Berlin-Dahlem. Dienststelle für physiologische Botanik	202
Blattný, Dr. Ing. Ctibor, und Robek, Dr. Ing. Anton , Ein Versuch mit der Passage des Blattrollkrankheitsvirus bei der Kartoffel. Aus dem Phytopathologischen Institut der Staatlichen landwirtschaftlichen Forschungsanstalten Prag-Dejvice, Tschechoslowakei. (Mit 3 Abbildungen)	207
Hassebrauk, Zu : Weitere Untersuchungen über Getreiderostbekämpfung mit chemischen Mitteln	212
3. Besprechungen	212

Heft 3

1. Abhandlungen	
Eek, Th. van , Root-rot of <i>Viola tricolor maxima</i> Hort. Aus dem Phytopathologischen Laboratorium Willie Commelin Scholten Baarn. (With 7 figures, 11 photos and 3 plates)	217
Wenzl, Hans , Über die Zusammenhänge zwischen Braunmarkigkeit (Hohlherzigkeit) und Wuchsform der Kartoffelknollen. Aus der Bundesanstalt für Pflanzenschutz, Wien. (Mit 7 Abbildungen)	282

	Seite
Gaßner, G. und Franke, W., Die Wirkung tiefer Keimtemperaturen auf den Stickstoffhaushalt junger Weizenkeimblätter	297
Straib, W., Über eine nichtparasitäre Blattkrankheit an Keimpflanzen von Gerste. Aus der Zweigstelle Gliesmarode der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft. (Mit 4 Abbildungen)	319

Heft 4

1. Abhandlungen

Straib, W., Untersuchungen zum Verlauf der Herbstinfektion und Überwinterung des Gelbrostes auf Weizen und Gerste. Aus der Zweigstelle Gliesmarode der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft. (Mit 4 Abbildungen) . . .	331
Christoff, Alexander, Virus diseases of the genus <i>Prunus</i> in Bulgaria. (With 11 tables)	360
Reckendorfer, Dr. Paul, Über die Wirkungskdauer der Schwefelkalkbrühe. Aus dem chemischen Laboratorium der Staatsanstalt für Pflanzenschutz in Wien. (Mit 1 Abbildung)	423
Anliker, Joh., Infektionsversuche an Schnittlauch (<i>Allium Schoenoprasum</i> L.) mit <i>Fusarium vasinfectum</i> Atk. var. <i>zonatum</i> (Sherb.) und <i>Fusarium avenaceum</i> (Fr.) Sacc. Aus der Versuchsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau Wädenswil (Schweiz). (Mit 3 Abbildungen)	439

2. Kurze Mitteilungen

Ralski, Eugeniusz, Die Empfänglichkeit des Weizens für den Braunrost <i>Puccinia triticina</i> Erikss. Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung der Technischen Hochschule, Dublany bei Lwów, Polen	447
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Heft 5

1. Abhandlungen

Gaßner, Gustav, Über Partialinfektionen von Weizenkörnern durch <i>Tilletia</i> und die Entstehung der Steinbrandbutten. (Mit 7 Abbildungen)	451
Gaßner, Gustav, Über Auftreten und Verbreitung von <i>Tilletia tritici</i> und <i>Tilletia foetens</i> in der Türkei. (Mit 2 Abbildungen)	469
Gaßner, Gustav, Untersuchungen über Keimgeschwindigkeit und Infektionsvermögen verschiedener Stämme von <i>Tilletia foetens</i> und <i>Tilletia tritici</i>	489
Gaßner, Gustav und Franke, Walter, Untersuchungen über den Stickstoffhaushalt rostinfizierter Getreideblätter. (Mit 12 Abbildungen)	517

Heft 6

1. Abhandlungen

Straib, W., Über den Einfluß der Steinbrandinfektion auf das Gelbrostverhalten des Weizens. Aus der Zweigstelle Gliesmarode der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft. (Mit 1 Abbildung)	571
Schropp, W. und Arenz, B., Über die Wirkung von Bor und Mangan auf das Wachstum der Maispflanze. Aus dem Agrikulturchemischen Institut Weißenstephan der Technischen Hochschule München. (Mit 8 Abbildungen)	588
Wenzl, Hans, Die „Gelbfleckigkeit“ der Kartoffelknollen. Aus der Staatsanstalt für Pflanzenschutz, Wien. (Mit 7 Abbildungen)	607
Gäumann, Ernst und Riethmann, Otto, Zur Methodik der Versuche mit konstanten Bodentemperaturen. Aus dem Institut für spezielle Botanik der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich. (Mit 11 Abbildungen)	617

2. Besprechungen	632
----------------------------	-----

Die „Dörrfleckenkrankheit“ (Hitzeschaden) des Paprikas.

Von

János Szirmai.

Mit 7 Textabbildungen.

Inhaltsverzeichnis: I. Einleitung — II. Methode und Material — III. Beobachtung an Pflanzen aus Samen kranker Mutterpflanzen — IV. Infektionsversuche — V. Hitzewirkung als Ursache der Fleckenbildung — VI. Beobachtungen und Versuche auf dem Acker.

I. Einleitung.

In den Paprikaanbaugebieten Ungarns, Szeged und Kalocsa, verursacht eine „Dörrfleckenkrankheit“ seit Jahren einen Schaden von 5 bis 12% der Ernte.

Um dem Leser die Zeit des Auftretens der Krankheit verständlich zu machen, muß zunächst die Art der Blühzeit und der Fruchtreife des ungarischen Paprikas beschrieben werden. Wenn die Paprikastaude auf freiem Acker angebaut wird, dann bringt sie während des ganzen Sommers von Juni bis September Blüten hervor. Die Gesamtzahl der Blüten ist aber nicht gleichmäßig über die ganze Zeit verteilt, sondern man kann in der an sich ununterbrochenen Blütezeit 3 bis 4 Maxima der Blütenzahl erkennen. Hieraus ergeben sich dann auch 3 bis 4 Perioden des Fruchtansatzes.

Die zu beschreibende Krankheit tritt an den Früchten der vier Ansatzperioden nicht mit gleichmäßiger Befallsstärke auf. Die Dörrflecken sind hauptsächlich an den Früchten des ersten Ansatzes zu sehen und an denen des dritten und vierten Ansatzes nur mehr vereinzelt zu finden.

Für die Krankheit sind eigentümliche Flecken charakteristisch, die immer nur auf einer Seite der Frucht und immer nur auf der Spitzenhälfte, aber nie auf der Fruchtstielhälfte auftreten. Die Fruchtwand verfärbt sich an der betreffenden Stelle von grün nach gelb. Der so entstandene ovale, gelbe Fleck, der durch einen scharfen Umriß begrenzt ist, wird bei feuchtem Wetter größer, nimmt eine bleigraue Farbe an und geht in Fäulnis über. Bei trockenem Wetter bewahrt er seine Größe und trocknet mit gräulich-blauer Farbe ein. Bei der Fäulnis des Dörrfleckens kann ein größerer Teil (bis Dreiviertel der Oberfläche) der Frucht in Mitleidenschaft gezogen werden (Abb. 1).

Higgins¹⁾ erwähnt eine ähnliche Fleckenkrankheit der Paprikafrüchte, die er als nichtparasitäre Krankheit erklärt. In den meisten Fällen war an den fleckigen Früchten eine nicht genau bestimmte *Alternaria*-Species (*Alternaria solani*?) anzutreffen, die aber nicht als Ursache angesehen werden konnte. Higgins deutete die Trockenheit, die auf eine zu rasche Entwicklung der Früchte einsetzt, als Ursache der Flecken. In solchen Fällen soll eine schnelle Wasserentziehung durch die welkenden Blätter das Absterben der jungen, plasmaarmen Zellen herbeiführen.



Abb. 1.

Dörrflecken an Szegediner Gewürzpaprikafrüchten.

Auf den abgestorbenen Flecken war auch in Ungarn in jedem Falle eine *Alternaria*-Species zu finden; dieser Pilz überzog die Flecken mit einer grünlich-braunen Schicht Konidien. Die mikroskopischen Untersuchungen der Reinkulturen des Pilzes, die von mir auf verschiedenen Nährböden isoliert wurden, zeigten, daß er mit der *Alternaria tenuis* identisch ist.

Der Gegenstand der Untersuchungen, die der vorliegenden Abhandlung zugrunde liegen, war: 1. die Entstehung der Flecken und 2. der Zusammenhang zwischen der Fleckenbildung und dem Pilze *Alternaria tenuis*. Für die Versuche wurden Reinkulturen verwendet, die im Februar

¹⁾ Higgins: Blossom-End Rot of Pepper (*Capsicum annuum* L.). Phytopathology, April 1925, 223—229.

1936 vom Konidienbelag kranker Früchte aus dem Jahre 1935 isoliert worden waren.

II. Methode und Material.

Meine Untersuchungen waren teilweise histologische und physiologische Laboratoriumsversuche, teilweise Infektionsversuche im Gewächshaus und Garten, wo insgesamt 1200 Pflanzen verarbeitet wurden, und schließlich Forschungen mit Versuchsparzellen auf dem Acker an Ort und Stelle des Auftretens der Krankheit (in Szeged) in vier verschiedenen Lagen mit insgesamt 1600 Pflanzen. In Kalocsa habe ich die Beobachtungen im Freien an Pflanzen angestellt, die ich zufällig aus einem Feldbestand auswählte. Für die Versuche wurden drei verschiedene Sorten Paprika verwendet: Szegediner Gewürzpaprika (scharfer und süßer Paprika), Kalinkoer- und Király-Speisepaprikasorten.

III. Beobachtung an Pflanzen, die aus Samen kranker Früchte stammten.

Die Samen aus fleckigen Früchten haben eine schwache Keimfähigkeit. Nur ungefähr 30 % trieb Keime, die sich zu normalen Pflanzen entwickelten, blühten und vollkommene, gesunde Früchte hervorbrachten.

IV. Infektionsversuche.

A. Infektion der Samen.

Ich habe von gesunden Früchten herstammende Samen in eine mit destilliertem Wasser hergestellte Suspension von Konidien, die aus der Reinkultur der Pilze entnommen waren, eingeweicht und dann, nachdem sie getrocknet waren, ausgesät. Der Pilz entwickelte auf der Oberfläche des Samens reichlich Myzel, griff aber nicht auf die Keimpflanze über, wie es auch die mikroskopischen Schnitte bewiesen.

Im Laufe der weiteren Entwicklung lieferten weder die jungen noch die blühenden Pflanzen noch die Früchte den Beweis einer gelungenen Pilzinfektion.

B. Infektion der Keimpflanzen.

Als die Keimpflanzen eine Größe von 4 bis 5 cm erreicht hatten, wurden sie in eine Konidiensuspension eingetaucht und dann in das Treibbeet gepflanzt. Einem Teil der so behandelten Pflanzen habe ich außerdem am unteren Ende des Hypokotyls (Wurzelhals) mit einer Nadel feine Verletzungen beigebracht und einen Teil nach dem Auspflanzen mit Konidiensuspension begossen. Nach 12 bis 20 Tagen ergab sich aus den mikroskopischen Schnitten der Pflanzen, daß, obwohl die Konidien Myzel entwickelt hatten, letzteres in das innere Gewebe der Pflanzen überhaupt nicht eingedrungen war, sondern daß es sich lediglich auf den Epidermiszellen verbreitet hatte. Nach 20 Tagen hielt die Zunahme des Myzels

mit dem Wachstum der Pflanze nicht mehr Schritt. Aus den so behandelten Keimlingen entwickelten sich vollkommen gesunde Pflanzen, die gesunde Früchte trugen.

C. Infektion der Blüten.

Weil die Dörrflecken nur an den Teilen in der Nähe der Spitze der Frucht auftreten, war Anlaß zu der Annahme gegeben, daß die Pilzinfektion vielleicht während der Blüte erfolgt.

Ich infizierte mit Konidiensuspensionen Blüten, die teils noch nicht völlig aufgeblüht waren, teils in voller Blüte standen und teils schon welkende Blütenblätter hatten. In allen diesen drei Stadien des Blühens führte ich die Infektion mit fünferlei Methoden aus.



Abb. 2.

Nach Pilzinfektion gesund gebliebene
Paprikafrucht mit zugeheilter Narbe.

Bei der ersten Methode spritzte ich die Konidiensuspension in die Blume durch ein Kapillarrohr, das mit einem Gummiball ausgeblasen wurde.

Bei der zweiten Methode tupfte ich trockene Konidien mit einer feinen Nadel auf die Narbe und auf den Fruchtknoten.

Die dritte Methode ähnelte der zweiten. Mit feinen Nadeln wurden die Narben und Fruchtknoten angeritzt und wie oben Konidien auf die Narben und Fruchtknoten getupft.

Die vierte Methode unterschied sich von der zweiten und dritten dadurch, daß ich mit Hilfe eines Pinsels die Konidien trocken in die Blüte brachte.

Bei der fünften Methode tauchte ich die Blüten in eine Konidien-suspension.

Bei allen Methoden habe ich die Blüten teils freigelassen, teils in Cellophantüten eingehüllt.

Der Infektionsversuch mit Blüten hatte gleichfalls ein negatives Ergebnis. Aus den „infizierten“ Blüten entwickelten sich nur gesunde Früchte.

D. Infektion der Früchte.

Der Infektionsversuch wurde bei drei verschiedenen Reifegraden der Früchte auf dreierlei Art durchgeführt:

- a) Die Konidiensuspension wurde einfach auf die Fruchtwand gestrichen.
- b) Die Konidiensuspension wurde in die Epidermis verrieben, die vorher mit Karborundumstaub aufgeraut worden war.
- c) Die Konidiensuspension wurde mit einer Injektionsspritze unter die Epidermis eingeführt. Auch hier wurde ein Teil der Früchte in Cellophantüten getan, während der andere Teil frei blieb. Nach zwei Wochen waren die Einstichwunden vollkommen verheilt und hinterließen die gleichen Narben wie die Kontrollstiche (Abb. 2).

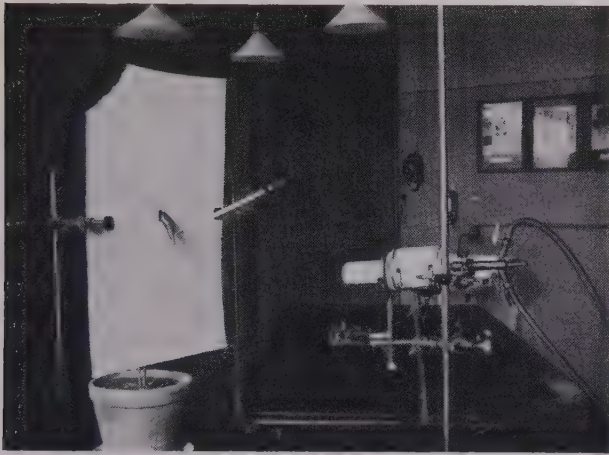


Abb. 3.

Heißluftapparat zum künstlichen Hervorbringen der Dörrflecken.

In allen drei Fällen hatten die Infektionsversuche negative Ergebnisse.

Um eine Klärung der Frage herbeizuführen, ob *Alternaria tenuis* überhaupt imstande ist, in gesunden Geweben Infektionen zu verursachen, führte ich an je zehn Früchten Experimente mit zweierlei Methoden durch, bei denen die Konidien nicht in die äußere, dickwandige Epidermis und in das Kollenchymgewebe, sondern in das innere, dünnwandige Parenchymgewebe geimpft wurden.

Nach der einen Methode schnitt ich in die Früchte, die an der Pflanze geblieben waren, ein rundes Loch von ungefähr 5 mm Durchmesser, durch das ich die Konidiensuspension des Pilzes mit einem Pinsel an die Innenseite der Fruchtwand strich, und verschloß dann das Loch mit einem Wattepfropfen. Die Kontrolle wurde ebenso vorgenommen, aber der Pinsel mit destilliertem Wasser benetzt. Das Ergebnis dieses Verfahrens war, daß sowohl bei den behandelten als auch bei den Kontrollfrüchten die Zeichen einer Notreife auftraten. Nach zehn Tagen waren bei den drei

ältesten infizierten Früchten an den Stellen, wo im Innern der Früchte die Konidiensuspensionen abgestrichen worden waren, äußerlich Nekrosen festzustellen. Im mikroskopischen Bild war an diesen Stellen der Pilz zu finden.

Bei der anderen Methode beschränkte ich die Verletzung der Frucht dadurch auf ein Mindestmaß, daß ich die Konidiensuspension mit einer Injektionsspritze in die Früchte hineinbrachte, wobei ich die dünnste Kanüle wählte. Jeder Frucht gab ich eine Injektion von 0,2 ccm und der



Abb. 4.

Mit Heißluftapparat künstlich hervorgerufene Dörrflecken
an Szegediner Gewürzpaprika.

Kontrolle dieselbe Menge destillierten Wassers, die Stelle des Nadelstiches schloß ich mit Leukoplast. So erreichte ich, daß die Notreife unterblieb und daß sich die Früchte wie die unbehandelten entwickelten. Nach zehn Tagen war an einigen Früchten, die zur Kontrolle aufgeschnitten wurden, noch keine Wirkung der Konidieninjektion festzustellen. Dann unterließ ich die Bewässerung der Pflanzen. Daraufhin begannen nach einer Woche die Blätter abzufallen, und an vielen Stellen der infizierten Früchte erschienen eingefallene Flecken. Das Pilzlager durchbrach in der Form eines eingesunkenen Fleckens von 3 bis 5 mm Durchmesser die Frucht-

wand. Als ich die Früchte aufschnitt, fand ich im Innern ein gut entwickeltes Myzel mit Konidienlagern des Pilzes. Auf ähnliche Weise kam die Infektion auch zustande, als ich die von den Pflanzen heruntergenommenen Früchte nach einer Injektion in einen Brutschrank legte, der die für die Reinkulturen optimale Temperatur von 25 bis 27° C hatte.

Die Versuche, Früchte im Innern zu infizieren, hatten das Ergebnis, daß der Pilz nur dann Früchte angreifen kann, wenn das Gewebe aus irgendeiner Ursache heraus in einen Schwächezustand versetzt wird, daß er aber nicht fähig ist, die gesunden, in Entwicklung stehenden Gewebe anzugreifen.

V. Hitzewirkung als Ursache der Fleckenbildung.

Nach der Beendigung der Infektionsversuche trat die „Dörrfleckkrankheit“ bei acht unbehandelten Pflanzen spontan auf. Zu dieser Zeit herrschte im Gewächshaus eine hohe Temperatur, die für die anderen Versuche notwendig war (51,5° C). Die Fleckigkeit trat bei allen Früchten nur an einer Seite auf, und zwar an der südlichen, die von den Blättern nicht bedeckt wurde. Sie waren immer an den der Spitze naheliegenden Stellen zu sehen, mag die Lage der Frucht je nach der Sorte eine hängende oder mag sie eine stehende gewesen sein.

Weil die Flecken ausschließlich auf der Südseite auftraten, ist es möglich, auf die Ursache der Fleckenbildung Schlüsse zu ziehen. Sie muß mit der Sonnenhitze im Zusammenhang stehen. Unbekannt waren noch die anderen mitwirkenden Umweltsbedingungen des Entstehens der Flecken. Man mußte solche annehmen, weil ja mehrere Früchte unter ähnlichen Verhältnissen aufwuchsen und nicht unter der Fleckigkeit litten.

Eine dieser anderen Bedingungen fand ich beim Begießen der Kulturen. Das Gießwasser rann an den Früchten entlang, am Ende blieb eine Benetzung zurück und verdunstete erst nach einiger Zeit. Wo diese zurückbleibenden Benetzungen mit starken Bestrahlungen zusammentrafen, traten später die „Dörrfleck“ auf.



Abb. 5.

Ein durch Heißluftapparat künstlich zustande gebrachter Dörrfleck an Szegediner „süßem“ Gewürzpaprika.

Es galt nun, den experimentellen Nachweis zu erbringen, der die Schlußfolgerungen, die ich aus den Beobachtungen zog, bestätigte. Hierbei ging ich von folgenden Gedanken aus in die experimentelle Behandlung der Sache.

Zunächst war anzunehmen, daß der „Dörrfleck“ auf eine Hitzewirkung zurückzuführen sei. Was aber hat dann die Benetzung der Frucht damit zu tun? Es haben schon einige Autoren bei der Beschreibung von Hitzeschäden, wie Brennflecken, Sonnenbrand usw., die Vermutung geäußert (vergl. Sorauer, I. Bd.), daß bei der Benetzung eines Pflanzenteiles die Wassertropfen als Sammellinse für die Hitzestrahlen wirken und die an sich nicht schädlichen Strahlen so weit auf engeren Raum zu konzentrieren vermögen, daß eine schädliche Strahlenwirkung zustande kommt. In unserem Falle ist zu beachten, daß die Hitzewirkung sich nicht auf einen so kleinen Raum beschränkt, daß mit der Rolle des Wassertropfens als Sammellinse eine plausible Erklärung gefunden wäre. Aber andererseits mußte berücksichtigt werden, daß der hängende und ursprünglich stark konvexe Wassertropfen durch das Verdampfen immer flacher und somit der Brennpunkt nicht allein mit dem Sonnenstand, sondern auch mit dem Wechsel der Eigenschaften der „Sammellinse“ geändert wird. Es ist also nicht ausgeschlossen, daß die „Brennlinse“ im Verlauf der Zeit eine größere Fläche erhitzen könnte.

Eine Bestrahlungsapparatur stand mir für die Experimente nicht zur Verfügung. Sie war auch nicht unbedingt nötig, denn ich konnte ja die Versuche zunächst damit beginnen, daß ich die Teile der Früchte, die gewöhnlich in der Natur unter „Dörrflecken“ leiden, mit heißer Luft erwärmte. Wenn unter solchen Bedingungen, bei denen man nicht von einem Bestrahlungs-, sondern nur von einem Erhitzungseffekt reden kann, die Benetzung auch noch eine Wirkung hat, dann kann die Rolle des Wassertropfens nicht als Sammellinse gedeutet werden. Die Abb. 3 zeigt eine Apparatur, mit deren Hilfe ich eine beliebige Temperatur an der Oberfläche der Paprikafrucht hervorbringen und auch den Temperaturgrad feststellen konnte, der den nekrotischen Fleck verursacht.

Der Apparat besteht aus einer Gebläsegaslampe, deren Flamme mit einem Asbestzylinder umgeben wurde. Die heißgewordene Luft wurde aus dem Zylinder durch ein Asbestrohr auf die Frucht geblasen. Die Frucht bleibt an der Pflanze in ihrer natürlichen Lage; damit aber die übrigen Teile der Pflanze unter der heißen Luft nicht zu leiden haben, steht zwischen dem Heißluftapparat und der Pflanze eine Asbestplatte, in deren Mitte eine Öffnung geschnitten ist, durch die der zu erhitzende Teil der Frucht gesteckt wird. Die Temperatur wurde mit Thermometern gemessen, die rechts und links neben der erwärmten Frucht so befestigt waren, daß ihre Quecksilberkugeln die Frucht berührten. Bei dieser Apparatur konnte die Temperatur der an die Frucht geblasenen Luft

dadurch geregelt werden, daß man die Luftzufuhr der Gebläselampe mehr oder weniger drosselte.

Es wurden Früchte von verschiedenem Entwicklungsgrad zum Versuch verwendet. Die Temperaturen waren von 40 bis 60 ° C in Intervallen von 2 ° C abgestuft.

Den einen Teil der Versuche habe ich mit trockenen und den anderen Teil mit Früchten angestellt, deren erhitzte Seite vorher mit Wassertropfen benetzt worden war. Während der Erhitzung verdunstete der Wassertropfen und mußte mehrmals ersetzt werden.

Die Erhitzung der Frucht dauerte 30 Minuten. An den Früchten, die trocken behandelt waren, kam nach Erhitzungen unter 55 ° C keine Nekrose der Gewebe zustande. An denjenigen, die befeuchtet und bei einer Temperatur von 50 bis 52 ° C behandelt wurden (an jüngeren bei 50 ° C, an älteren bei 52 ° C), erschien nach einigen Tagen der Fleck. Seine Form war stets den Umrissen der Benetzung angepaßt (Abb. 4 und 5).

Diese Versuche zeigen, daß die Wirkung der Benetzung nicht mit der Funktion des Wassertropfens als Strahlensammellinse zu erklären ist. Die Benetzung muß eine andere Wirkung haben, die wir heute noch nicht erkennen können, denn der Unterschied zwischen benetzt/geschädigt und unbenetzt/ungeschädigt, der nach Temperaturen unter 55 ° C auftrat, kam unter der Einwirkung erhitzter Luft zustande, ohne daß eine Gelegenheit zur Sammlung von Hitzestrahlen gewesen wäre.



Abb. 6.

Im Gewächshaus durch die Sonnenwärme künstlich hervorgerufener Dörrfleck an Király-Speisepaprika.

Neben den oben beschriebenen Versuchen experimentierte ich im Gewächshaus in folgender Weise. Paprikafrüchte wurden mit destilliertem Wasser dermaßen besprengt, daß das Wasser von den Früchten herunterrann und an der Fruchtspitze in Tropfen hängen blieb bzw. bei den Sorten mit stehenden Früchten sich das Wasser oben in den Furchen der Fruchtspitze sammelte.

Ich benetzte in dieser Art Früchte, die vom Laub beschattet waren und solche, die bei Sonnenschein von den Sonnenstrahlen erreicht werden konnten. Die Einwirkungsdauer stufte ich dadurch ab, daß ich die Früchte nach einer gewissen Zeit, das heißt nach 5, 10, 15 oder 20 Minuten, mit Filtrierpapier oder einem Tuch wieder abtrocknete.

Hierbei machte ich die Erfahrung, daß die Fleckenbildung später nur eintraf, wenn unabhängig von der Dauer und Intensität der anderen Faktoren die Lufttemperatur des Gewächshauses mindestens $+49^{\circ}\text{C}$ war und die Sonnenstrahlen mindestens 30 Minuten auf die benetzten Früchte einwirken konnten. War die Benetzung vor Ablauf der 30 Minuten verdunstet oder wurde sie vorher künstlich abgetrocknet, dann blieb der Schaden aus. Eine Schädigung nicht benetzter Früchte, die im Laboratoriumsversuch mit der Gebläselampe bei Temperaturen über 55°C zustande kam, habe ich im Gewächshausversuch nicht beobachtet, weil natürlicherweise die Temperatur im Gewächshaus nicht so hoch war.



Abb. 7.
Dörrflecken
an dem Blatt
des Szegediner
Gewürzpaprikas.

Gelegentlich der Gewächshausversuche konnte die Entwicklung der Gewebenekrose beobachtet werden (Abb. 6). An der Stelle des eingetrockneten Wassertropfens blieb die Fruchtwand zunächst scheinbar unverändert, aber bei einer mikroskopischen Untersuchung konnte man in den Zellen koaguliertes Protoplasma finden. Am nächsten Tage umgab sich der Fleck mit einem feinen Umriß mit geringer Faltenbildung, und im Innern war der Zellsaft in die Interzellularräume ausgetreten. Im Laufe der folgenden Tage wurde der geschädigte Teil weich, sank ein, Mikroorganismen traten an ihm auf, und nun erschien auch die *Alternaria*. Unter 16 fleckigen Früchten trat bei 11 die *Alternaria tenuis* spontan auf. Wenn die Luft warm und trocken war, trocknete der Fleck papierartig ein, wenn aber hohe Luftfeuchtigkeit herrschte, dann verbreiterte er sich. Dies tat er unter der Mitwirkung von Mikroorganismen, die unter diesen Umständen günstige Lebensbedingungen vorfanden.

Gewöhnlich verfaulten dann in der feuchten Luft solche geschädigten Früchte. Wenn aber eine trockene Wärme einsetzte, dann schrumpfte die Frucht mumienartig zusammen.

VI. Beobachtungen und Versuche auf dem Acker.

Die Ergebnisse der Laboratoriums- und Gewächshausversuche stehen mit den Vorgängen und Erscheinungen, die auf dem Acker beobachtet werden konnten, in Einklang.

Infektionsversuche mit der *Alternaria tenuis* führten auch hier zu dem negativen Ergebnis, daß mit der Übertragung des Pilzes die Krankheit nicht hervorgerufen werden konnte.

Im Jahre 1936 waren schon um Mitte Juli in Szeged dörrfleckige Paprikafrüchte in großer Zahl (3 bis 4 %) zu finden. Ein vollständiges Bild der Verhältnisse zeigte sich erst Anfang August, als die Zahl fleckiger Früchte bis zu 12 % stieg.

Die Flecken erschienen einheitlich an der Sonnenseite derjenigen Früchte, die an der Südseite der Stauden wuchsen. Eine Ausnahme bildeten nur Früchte, die unmittelbar über der Erdoberfläche hingen. Dort hatte die Bodenhitze eine zusätzliche Wirkung. Die Nekrose trat aber in diesem Falle nicht fleckartig auf, sondern zeigte sich rings um das Spitzenende der Frucht, das bis zu einer gewissen Höhe abgestorben war.

Die eingangs schon beschriebene Tatsache, daß die nekrotischen Erscheinungen überwiegend bei dem Paprika des ersten Fruchtansatzes zustande kommen, kann folgendermaßen erklärt werden:

Nach den Treibhausversuchen war eine Temperatur von mindestens 49° C dazu nötig, daß eine Fleckenbildung entstehen konnte. Eine so hohe Temperatur kann in der Höhe der Erdoberfläche bei gewissen Bodenverhältnissen zustande kommen. Im Jahre des Versuches war am 18. Juli in der Paprikaforschungsanlage in Szeged um 13 Uhr eine Bodentemperatur von + 58° C. Die Messungen der Bodentemperaturen geschahen nicht fortlaufend, sondern nur zufällig. Es ist deshalb nicht ausgeschlossen, daß auch noch höhere Temperaturen vorkamen.

Nach all dem ist leicht einzusehen, daß die ersten Früchte, die in einer Höhe von 10 bis 15 cm über dem Boden hängen, von der Bodenhitze so weit beeinflußt werden, daß die Hitze der Sonnenstrahlen nur noch zusätzlich einzuwirken braucht. Ob in allen Fällen das Vorhandensein des Wassers an den Fruchtwänden notwendig ist oder ob in der Natur auch Fälle vorkommen, wie sie mit trockenen Früchten im Laboratoriumsexperiment erzielt wurden, kann nicht entscheidend beantwortet werden. Letzteres scheint aber nicht ausgeschlossen zu sein.

In Szeged werden die Paprikapflänzlinge aus pflanzenbaulichen Gründen tief in die Erde eingesetzt, so daß bloß ein paar Blätter von den 15 bis 20 cm hohen Pflänzlingen aus der Erde herausragen. Bei den ausgebildeten jungen Pflanzen hängen die ersten Früchte also nahe der Oberfläche. Wenn die ersten 4 bis 5 Früchte angesetzt sind, ist das Laubwerk der Pflanze noch sehr spärlich. Es kann den jungen Früchten noch keinen genügenden Schatten bieten. Die Fleckenbildung kommt bei den Früchten am häufigsten vor, die mehr oder minder aus dem Laubwerk hervorstehen. Wenn das Blattwerk noch nicht genügend entwickelt ist, dann ist auch der Boden mangelhaft beschattet und gegen Erwärmung nicht geschützt. Die Erwärmung des Bodens ist je nach der Bodenart verschieden. Dies ist ein Grund dafür, daß bei gleicher Einstrahlung der Sonnenwärme der Schaden an einem Ort größer sein kann als an einem

anderen. In Szeged zeigte das Thermometer auf der äußeren Anlage der Paprikaforschungsstation zur Zeit der von mir getätigten Messung 58°C , auf der inneren hingegen, die in einer Entfernung von wenigen Kilometern liegt, 52°C .

Ich erwähne noch, daß die „Dörrfleckenkrankheit“ auch an Blättern auftrat (Abb. 7). Sie war bei dem Szegediner Paprika fast ausschließlich an Blättern von Stauden der capsaicinfreien (süßen) Paprikasorten zu finden. Die Flecken sind denen ähnlich, die auch an den Früchten zu sehen sind. Ihr Entstehen ist natürlich denselben Ursachen zuzuschreiben wie das Entstehen der Fleckigkeit an den Früchten. Die Dörrflecken an Blättern verursachten keinen erheblichen Schaden. Sie waren meistens nur an den ältesten Blättern des unteren Teiles der Stauden festzustellen. Ihr Entstehen ist in derselben Weise wie das Entstehen der Dörrflecken an Früchten an ein gewisses Wachstumsstadium gebunden, das durch das erste Maximum der Blütenzahl ausgedrückt wird.

Zusammenfassung.

1. In Ungarn verursacht die „Dörrfleckenkrankheit“ der Paprikafrüchte einen Schaden von 4 bis 12% der Ernte, wobei gleichzeitig das massenhafte Auftreten des Pilzes *Alternaria tenuis* beobachtet wurde. Es wurden Infektionsversuche unternommen, um festzustellen, ob der Pilz die primäre Ursache der Flecken ist.
2. Die Experimente haben bewiesen, daß die Ursache der Dörrflecken nicht durch Samen auf die nächste Generation übertragen werden kann. Es kann auch keine Infektion der Samen mit den Konidien des Pilzes, noch eine Infektion der Keimpflanzen, der Blüten oder der Früchte erreicht werden. Auch eine Verletzung der Keimlinge, Blütenteile oder Früchte führt keinen Infektionserfolg herbei.
3. Es wurde ferner festgestellt, daß *Alternaria tenuis* als Saprophyt auf den schon abgestorbenen Teilen der Fruchtwand lebt und daß ihm höchstens bei der Vergrößerung der Fleckenoberfläche eine Rolle als Schwächeparasit zukommt.
4. Die Dörrfleckenbildung der Früchte wurde im Laboratorium durch künstliche Hitzewirkung erzielt und im Treibhause durch Sonnenbestrahlung auf natürliche Weise zustande gebracht. Die Wirkung ist aber kein Strahlungseffekt, sondern eine Hitzewirkung, die auch mit heißer Luft erzielt werden kann.
5. Im Laboratorium bewirkte Heißluft von 50 bis 52°C das Entstehen der Flecken, wenn die betreffenden Stellen benetzt waren. An trockenen Früchten entstanden die „Dörrflecken“ nur dann, wenn die Heißluft eine Temperatur von mindestens $+55^{\circ}\text{C}$ hatte.

6. Im Gewächshaus treten die „Dörrflecken“ unter der Wirkung von Sonnenstrahlen auf, wenn die Lufttemperatur mindestens $+49^{\circ}\text{C}$ hat und die Früchte benetzt waren. Die Wirkung der Benetzung bzw. der Wassertropfen braucht nicht als Sammellinse für Hitze-strahlen erklärt zu werden. Die Benetzung hat eine andere, vorläufig noch unbekannte Wirkung.
 7. Es wurde eine Erklärung dafür gefunden, daß die Dörrflecken der Paprikafrüchte in Ungarn hauptsächlich an den Früchten des ersten Fruchtansatzes auftreten.
-

Weitere Untersuchungen über Getreiderostbekämpfung mit chemischen Mitteln.

Von

K. Hassebrauk.

Inhalt: 1. Einleitung. — 2. Methodik. — 3. Versuche mit organischen Substanzen bekannter chemischer Konstitution: a) Prüfung neuer Substanzen. b) Untersuchungen über die Abhängigkeit der rosthemmenden Wirkung bewährter Präparate von der Bodenart. c) Bemerkungen zu den mit organischen Substanzen bekannter chemischer Konstitution erhaltenen Ergebnissen. — 4. Versuche mit Karbolinen und anderen Produkten der Teeröl-industrie. — 5. Versuche mit Borax. — 6. Zusammenfassung. — 7. Schriftenverzeichnis.

1. Einleitung.

In Band IX dieser Zeitschrift ist über Versuche berichtet, Getreidekeimpflanzen durch Zusatz organischer Substanzen zum Boden der Anzuchtgefäße gegen Rost widerstandsfähig zu machen (Gaßner und Hassebrauk, 2). Unter einer größeren Anzahl geprüfter Präparate konnten vereinzelte gefunden werden, die, offensichtlich nach der Aufnahme durch die Wurzeln, eine eindeutig rostmindernde Wirkung auslösten.

In der Zwischenzeit sind einige Arbeiten bekannt geworden, die sich gleichfalls mit dem Problem der direkten Rostbekämpfung befassen. So berichtet Sempio (9) über die zum Teil erfolgreichen Versuche, die Rostresistenz von Bohnen- und Weizenpflanzen durch Zusatz von Alkaloiden und Metallsalzen zur Nährlösung zu beeinflussen. Nozdratcheff (5) hat durch starke Kochsalzgaben den Rostbefall von Weizen merklich herabsetzen können. Er bestätigt damit die Erfahrungen früherer Autoren, auf die wir im Zusammenhang mit Versuchen gleicher Art und gleichen Erfolges schon früher hingewiesen haben (Gaßner und Hassebrauk, 1). Ebenfalls mit einem anorganischen Bodenzusatz sucht Gigante (3) die Rostresistenz zu erhöhen. Nach seinen Angaben soll durch Borax eine Rostminderung bei Weizen herbeigeführt sein.

Nachstehend wird über Untersuchungen berichtet, die in Fortsetzung unserer früheren Versuche mit organischen Substanzen bekannter chemischer Konstitution durchgeführt sind. Es handelt sich dabei zum Teil um die Untersuchung neuer Präparate; zum Teil wurde die Wirkung bereits bewährter Mittel einer erweiterten Prüfung unterzogen. In gesonderten Abschnitten wird über Versuche mit Teerölpräparaten sowie

über die Ergebnisse berichtet werden, die bei einer Nachprüfung der von Gigante verzeichneten Boraxwirkung gewonnen wurden.

2. Methodik.

Die Durchführung der Versuche erfolgte im allgemeinen wieder in der gleichen Weise, wie sie seinerzeit bereits ausführlich dargestellt ist (2, S. 430 ff.). Es handelt sich wiederum ausschließlich um Gewächshausversuche. Von besonders beschriebenen Versuchsreihen abgesehen, wurden die Pflanzen in Ackerboden (sandiger Lehm) angezogen und, mehrere Tage nachdem die zumeist mit Quarzsand gestreckten Präparate auf die Bodenoberfläche ausgestreut waren, in der üblichen Weise mittels Wattepinsels mit frischen Uredosporen beimpft. Von den früheren Untersuchungen weichen die Versuche insofern ab, als die Frist zwischen Aufbringen der Präparate und Beimpfung der Pflanzen im allgemeinen auf vier Tage beschränkt wurde und kleinere Versuchsgefäße (Höhe 7 cm, oberer Durchmesser 8 cm, Rauminhalt 200 ccm) zur Verwendung kamen. Es hatte sich herausgestellt, daß die von uns früher gewählten größeren Tontöpfe im Hinblick auf die befristete Dauer der Versuche ohne Störung der Ergebnisse durch kleinere, handlichere Gefäße ersetzt werden konnten.

Die von den Präparaten verwendeten Aufwandmengen sind einheitlich auf 100 qcm Bodenoberfläche bezogen. Unter den möglichen Bezugsgrößen muß die Bodenoberfläche noch am meisten befriedigen, da hiermit ein Vergleichsmaßstab für natürliche Verhältnisse geboten wird. Zwar steht bei Topfversuchen die Bodenoberfläche in keinem linearen Verhältnis zu dem den Versuchspflanzen zur Verfügung stehenden Wurzelraum. Doch kann dieser Umstand bei Verwendung nicht zu kleiner Versuchsgefäße vernachlässigt werden, da, von vereinzelt Ausnahmen abgesehen, bei den vorliegenden Versuchen die Präparate nicht mit dem Boden vermengt, sondern den Keimpflanzen im stets gleichen, sehr frühen Entwicklungsstadium durch die Bodenoberfläche zugeführt wurden. Unterschiede im Bodenvolumen dürften sich daher zu diesem Zeitpunkt noch nicht stark auswirken können. Gerade aus diesem Grunde scheint vielmehr das in unseren früheren Untersuchungen als Bezugsgröße gewählte Bodengewicht weniger zuverlässig zu sein; ganz abgesehen davon, daß das Gewicht je nach der Bodenart und je nach dem Grade der Wassersättigung beträchtlich variiert.

Die Versuche wurden mit *Puccinia triticina* auf Michigan Amber und Strubes Dickkopf, *Puccinia simplex* auf Friedrichswerther Berg-Wintergerste, *Puccinia dispersa* auf Petkuser Roggen und *Puccinia coronata* auf Beselers Weißhafer, in einigen Fällen außerdem noch mit *Puccinia glumarum* auf Michigan Amber und Strubes Dickkopf sowie mit *Puccinia graminis tritici* auf Michigan Amber durchgeführt. Kamen andere Wirtsorten zur Verwendung, so ist dies im Text hervorgehoben. Da sich in

Übereinstimmung mit den früheren Erfahrungen herausstellte, daß es für die Wirkung rostmindernder Substanzen anscheinend ohne Bedeutung ist, mit welchen physiologischen Rassen einer Rostart gearbeitet wird, kann darauf verzichtet werden, die Rassennummern besonders zu vermerken. Es handelt sich jeweils um Rassen, denen gegenüber die verwendeten Getreidesorten hoch anfällig sind. Unbedeutende Ausnahmen finden sich lediglich im Falle der Infektion von Michigan Amber mit Schwarzrost (Rasse 40) sowie vereinzelt in einem auf S. 26 beschriebenen Sortenversuch; statt höchster Anfälligkeit (Infektionstypus IV) liegt hier mäßige Anfälligkeit (Infektionstypus III) vor.

Um das Verständnis der nachfolgenden Tabellen zu erleichtern, sei hier nochmals die von uns gewählte Darstellung der Versuchsergebnisse erläutert. Es bedeutet:

- Rost völlig unterdrückt.
- Rost fast völlig unterdrückt. Spurenweise eine Pustel.
- + Rost stark unterdrückt. Vereinzelte Pusteln auf allen Blättern.
- + Starke Herabsetzung des Rostbefalls. Vereinzelte Pusteln bis geringer Befall.
- ++ Deutliche Herabsetzung des Rostbefalls. Geringer Pustelausbruch.
- ++ Mäßige Herabsetzung des Rostbefalls. Geringer bis lockerer Pustelausbruch.
- +++ Schwache Herabsetzung des Rostbefalls. Aufgelockerter Befall.
- ++++ Sehr geringe Herabsetzung des Pustelausbruchs. Fast voller Befall.
- ++++ Keine Wirkung auf den Rostbefall. Starker gleichmäßiger Pustelausbruch wie bei den Kontrollen.

Soweit es in den Tabellen nicht besonders hervorgehoben wird, zeigen die Pflanzen das normale Wuchsbild wie die Kontrollpflanzen. Wird der Infektionstypus durch Chlorosen oder Nekrosen verändert, ist dies vermerkt. In allen anderen Fällen handelt es sich lediglich um Verschiebungen in der Befallsstärke.

3. Versuche

mit organischen Substanzen bekannter chemischer Konstitution.

a) Prüfung neuer Substanzen.

Zu den Substanzen, die sich in den früheren Untersuchungen am besten bewährt hatten, sind p-Toluolsulfochloramidnatrium und Pikrinsäure zu rechnen. Aus einem Vergleich mit den übrigen wirksamen Präparaten hatten wir die Annahme abgeleitet, daß ihre rosthemmende Wirkung möglicherweise unter anderem dem in ihrem Molekül enthaltenen Schwefel beziehungsweise der Nitrogruppe zugeschrieben werden könnte. Es wurden daher einige weitere Substanzen ähnlicher Konstitution auf ihren rostmindernden Einfluß geprüft.

Die Chemikalien, die von der Chemischen Fabrik Dr. Schuchardt in Görlitz bezogen wurden, sind nach der Verreibung mit Quarzsand in Aufwandmengen bis zu 160 mg pro 100 qcm Bodenoberfläche geprüft. Tetra-

nitromethan wurde nicht mit Quarzsand gestreckt, sondern mit einer Mikropipette abgemessen, mit Wasser umgeschüttelt und über die Versuchsgefäße ausgegossen.

Die Ergebnisse der Versuche, die in Wiederholung durchgeführt wurden, sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Es zeigte sich, daß eine ganze Anzahl der geprüften Substanzen überhaupt keine Wirkung auf den Rostbefall oder auch auf das Wachstum der Pflanzen ausübte. Liegt eine Beeinflussung des Rostbefalls vor, so ist diese je nach Rostart häufig sehr unterschiedlich. Graduelle Unterschiede in der rostmindernden Wirkung hatten wir bereits in den früheren, nur mit *Puccinia triticea* und *Puccinia simplex* durchgeführten Untersuchungen verzeichnen können. In den vorliegenden Versuchen ist aber sogar mehrfach neben der mehr oder weniger starken Unterdrückung der einen Rostart eine völlige Wirkungslosigkeit der gleichen Präparate gegenüber anderen Rostarten zu beobachten.

In weitgehender Übereinstimmung mit den früher erzielten Befunden wurde wiederum, soweit eine Einwirkung der geprüften Chemikalien auf den Rostbefall überhaupt vorlag, die charakteristische Feststellung gemacht, daß die Minderung der Befallsstärke nicht regelmäßig von einer Änderung des eigentlichen Infektionstypus begleitet wird. Es kommt also dann nur zu einer mehr oder weniger starken Auflockerung des Pustelausbruchs, ohne daß gleichzeitig chlorotische oder nekrotische Verfärbungen der Infektionszone in Erscheinung treten. In vereinzelt Fällen muß das veränderte Rostbild im Hinblick auf die auftretenden Chlorosen allerdings als Typenänderung angesprochen werden.

Betrachten wir die Wirkung der Präparate im einzelnen, so zeigen die im Gegensatz zu den früheren Versuchen gleichzeitig mit vier verschiedenen Getreiderostarten durchgeführten Untersuchungen, daß es im Hinblick auf die erwähnte, häufig sehr verschieden starke Unterdrückung des Rostbefalls nicht immer möglich ist, einem gegen die eine Rostart wirkenden Präparate nunmehr ohne weitere Prüfung ganz allgemein eine rostmindernde Wirkung zuzuschreiben. Sehr stark hemmend auf alle Rostarten wirkte unter den geprüften Substanzen lediglich Toluolsulfonamid. Ausschließlich auf *Puccinia simplex* wirkten Pikrylchlorid, Trinitrokresol, Natrium sulfanilicum und Sulfocarbanilid. Trinitroresorcin bewährte sich recht gut gegen *Puccinia coronata*, versagte aber fast völlig bei den anderen Rostarten. Trinitrotoluol unterdrückte *Puccinia dispersa* sehr stark, weniger *Puccinia coronata* und überhaupt nicht *Puccinia triticea* und *Puccinia simplex*. Natriumamidonaphtoldisulfonicum schließlich wirkte vorzüglich gegen *Puccinia dispersa* und *Puccinia triticea*, schwächer gegen *Puccinia simplex* und gar nicht gegen *Puccinia coronata*.

Soweit die geprüften Substanzen in einem Maße rostmindernd wirken, daß sie einer eingehenderen Würdigung wert wären, führen sie bei den

Tabelle 1.

Prüfung organischer Substanzen

Versuchsdurchführung: Ausstreuen der Präparate auf die Bodenoberfläche der Versuchsgefäße
Anzuchtboden: Sandiger Lehm.

Präparat	<i>Puccinia triticina</i>		
	80	120	160
Pikrylchlorid			++++
Tetranitroerythrit			++++
Tetranitromethan	++++	8 ++++	6, 8 ●●●○
Trinitrokresol			++++
Trinitronaphthalin			○++++
Trinitroresorcin			●++++
Trinitrotoluol			9
Benzolsulfamid	9		
Natrium-4-amidodiphenylamin-2-sulfonicum			++++
Natriumamidonaphtholdisulfonicum	1 ●●●○	1 ●●●+	2 ●●●●
Natriumnaphthylaminsulfonicum 1:4			++++
Natriumnaphthylaminsulfonicum 2:8			++++
Natriumsulfanilicum techn.			++++
Sulfocarbanilid			++++
p-Toluolsulfonamid	2, 4, 7 ●●●●	2, 4, 7 ●●●●	2, 4, 7 ●●●●

1. Schwache chlorotische Verfärbungen der Infektionszone.
2. Ausgeprägte Chlorosen auf der Infektionszone.
3. Etwas gelbspitzig.
4. Spitzennekrosen.
5. Starke Chlorosen und Nekrosen.

auf ihre rosthemmende Wirkung.
vier Tage vor der Beimpfung der Pflanzen.
Weitere Versuchseinzelheiten siehe Text.

Beeinflussung des Befalls mit								
<i>Puccinia simplex</i>			<i>Puccinia dispersa</i>			<i>Puccinia coronata</i>		
durch Gaben von (mg/100 qcm)								
80	120	160	80	120	160	80	120	160
●●●○+	●●●○+	●●●●+			+++++			5 +++++
		+++++			+++++			+++++
		7 ●●●●+			4, 7 ○++++	4, 7 +++++	4, 7 ●●●++	4, 7 ●●●●+
		●●●++			+++++			4 +++++
		○++++			+++++			+++++
		●++++			+++++			4 ●●●●+
		5, 7 +++++	7 ●●●●●	1, 7 ●●●●●○	1, 7 ●●●●●○	4, 6 +++++	4, 6 +++++	4, 6 ●●●●●○
9			9			Pflanzen tot		
		+++++			+++++			+++++
	+++++	3 ●●●++	3 ●●●●●	3 ●●●●●	3 ●●●●●			+++++
		+++++			+++++			+++++
		+++++			+++++			+++++
		●●●●+			+++++			+++++
		●●●●+			+++++			+++++
9			4, 5, 7 ●●●●●	4, 5, 7 ●●●●●	4, 5, 7 ●●●●●	9		



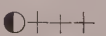

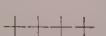



6. Geringe bis mittelstarke Wachstumshemmungen.
7. Starke Wachstumshemmungen.
8. Blätter knicken.
9. Schädigungen oder Wachstumshemmungen so stark, daß der Versuch nicht gewertet ist.

gewählten Aufwandmengen gleichzeitig zu meist recht starken Schädigungen und Wuchsstörungen der Versuchspflanzen. Eine Ausnahme stellen nur die einseitig gegen *Puccinia simplex* wirksamen Substanzen (Pikrylchlorid, Trinitrokresol, Natrium sulfanilicum, Sulfocarbanilid) und das fast nur gegen *Puccinia dispersa* und *Puccinia triticina* wirkende Natriumamidonaphtholdisulfonicum dar. Ganz besonders empfindlich erwies sich im allgemeinen Hafer, der zum Teil auch durch solche Chemikalien geschädigt wurde, die die anderen Getreidearten ohne sichtbare Störung vertrugen.

Wie aus Tabelle 1 hervorgeht, stellt die in diesen Versuchen verwendete geringste Aufwandmenge von 80 mg pro 100 qcm Bodenoberfläche bei den als wirksam befundenen Substanzen noch nicht in allen Fällen die minimal wirkende Dosis dar. Es wurden daher einige Präparate einer weitergehenden Prüfung unterzogen.

Natriumamidonaphtholdisulfonicum bewirkte in Mengen von 80 mg noch eine vollständige Hemmung des Pustelausbruchs bei *Puccinia dispersa*, während bei *Puccinia triticina* bereits eine geringe Abschwächung der Wirkung gegenüber den höheren Aufwandmengen zu erkennen war. Eine Prüfung noch geringerer Gaben erbrachte bei diesen beiden Rostarten die in Tabelle 2 wiedergegebenen Ergebnisse.

Tabelle 2.
Prüfung der Wirkung geringer Aufwandmengen
von Natriumamidonaphtholdisulfonicum auf den Befall
mit *Puccinia triticina* und *Puccinia dispersa*.
Versuchseinzelheiten siehe Text.

Milligramm Natriumamidonaphtholdisulfonicum auf 100 qcm Bodenoberfläche	Beeinflussung des Befalls mit	
	<i>Puccinia triticina</i>	<i>Puccinia dispersa</i>
40	* 	* 
20	* 	* 
10		* 
2		

* Schwache chlorotische Verfärbungen der Infektionszone.

Die stärkere Wirkung gegen *Puccinia dispersa* tritt also bei geringeren Aufwandmengen noch schärfer hervor. Eine gleichzeitig noch mit *Puccinia glumarum* und *Puccinia graminis* durchgeführte Versuchs-

reihe erbrachte die Feststellung, daß Natriumamidonaphtholdisulfonicum gegen Gelbrost auch in stärksten Gaben wirkungslos bleibt. Die Stärke des Schwarzrostbefalls wurde durch 120 mg auf 100 qcm Bodenoberfläche auf ●●●+ herabgedrückt, durch 80 mg dagegen fast gar nicht mehr beeinflußt.

Eine mit *Puccinia dispersa* durchgeführte erweiterte Prüfung von Trinitrotoluol zeigte bei schwächeren Gaben ein plötzliches Nachlassen des rosthemmenden Einflusses. Nach Verabfolgung von 40 mg Trinitrotoluol auf 100 qcm wies Roggen den gleichen Rostbefall auf wie die unbehandelten Kontrollpflanzen.

p-Toluolsulfonamid bewirkte auch noch bei der Gabe von 80 mg auf 100 qcm Bodenoberfläche untragbare Schädigungen der Versuchspflanzen, die neben Wachstumshemmungen hauptsächlich durch Spitzennekrosen der Blätter zum Ausdruck kamen. Da aber die am wenigsten geschädigten Weizen- und Roggenpflanzen bei dieser Aufwandmenge noch eine vollständige Unterdrückung des Rostbefalls erkennen ließen, wurde geprüft, ob nicht bei einer durch geringere Gaben vielleicht auf ein tragbares Maß zu verminderten Schädigung gleichwohl noch eine starke Rostunterdrückung herbeigeführt werden könnte. Neben den bisher geprüften Getreiderostarten wurden in diese Versuche gleichfalls noch *Puccinia glumarum* und *Puccinia graminis* einbezogen. Die in Tabelle 3 angeführten Ergebnisse stellen die Werte dar, die bei der Durchführung zahlreicher Wiederholungsversuche in der Regel gewonnen wurden. Auf abweichende Befunde wird späterhin eingegangen (S. 26).

Wie aus der Tabelle 3 zu ersehen ist, kommen die durch p-Toluolsulfonamid herbeigeführten Schäden bei geringeren Aufwandmengen mehr oder weniger zum Schwinden, wobei sich allerdings in der Reaktion der einzelnen Getreidearten Unterschiede feststellen lassen. Hafer und vor allem Gerste sind ungleich empfindlicher als Roggen und Weizen; sie weisen im Gegensatz zu diesen bei Gaben von 20 mg pro 100 qcm noch äußerst starke nekrotische Schäden der Primärblätter auf. Die Wirkung auf den Rostbefall ist bei allen Rostarten überraschend stark. Eine so geringe Gabe wie 4 mg auf 100 qcm Bodenoberfläche führt bei *Puccinia triticea*, *Puccinia simplex* und *Puccinia dispersa* in der Regel noch zu einer völligen oder fast völligen Unterbindung des Pustelausbruchs, während durch 2 mg, zum Teil sogar durch 1 mg, immer noch eine starke Rostminderung bewirkt wird. Die hierbei zwischen den drei Rostarten beobachteten Unterschiede sind im Hinblick auf die äußerst geringen Aufwandmengen wohl kaum noch streng zu bewerten. Weniger stark scheint die Wirkung auf *Puccinia graminis* und vor allem auf *Puccinia coronata* und *Puccinia glumarum* zu sein, obgleich auch bei diesen Rostarten immer noch durch Mengen von etwa 10 mg/100 qcm eine sehr starke Hemmung des Pustelausbruchs zu verzeichnen ist.

Tabelle 3.

Beeinflussung des Rostbefalls und des Wachsbildes von Getreidekeimpflanzen
durch p-Toluolsulfonamid.

Versuchseinzelheiten siehe Text.

Milligramm p-Toluolsulfonamid auf 100 qcm Bodenoberfläche	Beeinflussung des Befalls mit					
	<i>Puccinia triticea</i>	<i>Puccinia simplex</i>	<i>Puccinia dispersa</i>	<i>Puccinia coronata</i>	<i>Puccinia graminis</i>	<i>Puccinia glumarum</i>
60	1, 8 ●●●●●	9			1, 8 ●●●●●	
40	1, 7 ●●●●●	9	3, 5 ●●●●●	1, 5 ●●●●●		
20	5, 7 ●●●●●	1, 7 ●●●●●	3, 5 ●●●●●	1, 5 ●●●●●	2, 5 ●●●●●	6 ●●●●●
16	4, 6 ●●●●●			5 ●●●●○	6 ●●●●+	6 ●●●●●
12	4, 6 ●●●●●			5 ●●●●○		6 ●●●●●
10	4 ●●●●●	2, 5 ●●●●●	3, 6 ●●●●●	5 ●●●●○		
8	4 ●●●●●			5 ●●●++		6 ●●●●+
6	4 ●●●●●	3 ●●●●+	3 ●●●●●	+++	6 ●●●●+	++++
4	●●●●●	3 ●●●●+	3 ●●●●○		4 ●●●○+	++++
2	●●●○+	●●●○+	3 ●●●●○	++++	●●●○+	++++
1	●●●++	++++	4 ●●●○+			
0,6	++++	++++	++++		++++	

1. Sehr starke Chlorosen und Nekrosen.
2. Ausgeprägte Chlorosen auf der Infektionszone.
3. Mäßig starke Chlorosen auf der Infektionszone.
4. Ganz zarte chlorotische Verfärbungen der Infektionszone.
5. Spitzenschäden.
6. Sehr geringe Spitzenschäden.
7. Wuchshemmungen.
8. Starke Wuchshemmungen.
9. Schäden so stark, daß der Versuch nicht gewertet ist.

Es lag nahe, in Anbetracht der durch p-Toluolsulfonamid herbeigeführten auffallend starken Rostminderung nunmehr auch das isomere o-Toluolsulfonamid auf seine rosthemmende Wirkung hin zu prüfen. Die Ergebnisse dieser Prüfungen, die wiederum mit allen sechs Getreiderostarten vorgenommen wurden, sind in Tabelle 4 wiedergegeben.

Tabelle 4.

Beeinflussung des Rostbefalls und des Wuchsbildes von Getreidekeimpflanzen durch o-Toluolsulfonamid.

Versuchseinzelheiten siehe Text.

Milligramm o-Toluolsulfonamid auf 100 qcm Bodenoberfläche	Beeinflussung des Befalls mit					
	<i>Puccinia triticea</i>	<i>Puccinia simplex</i>	<i>Puccinia dispersa</i>	<i>Puccinia coronata</i>	<i>Puccinia graminis</i>	<i>Puccinia glumarum</i>
60	Pflanzen tot					
20	1, 7 ●●●●●	1, 7 ●●●●●	Pflanzen tot	Pflanzen tot	9	9
16	5 ●●●●●			Pflanzen tot	5 ●●●●●	9
12	5 ●●●●●			5, 7 ●●●●●		9
8	5 ●●●●●			5 ●●●○+	5 ●●●●●	5, 7 ●●●●+
6	5 ●●●●●	2, 6 ●●●●●	2, 6, 8 ●●●●●	5 ●●●○+		5, 7 ●●●●+
4					5 ●●●●●	
2	4, 6 ●●●●○	6 ●●●●+	2, 6 ●●●●+	+++++	6 ●●●●●	6 ●●●○+
0,6	4 ●●●●+	●++++	2 ●●●●+	+++++		●++++
0,2	●++++	+++++	●++++	+++++		+++++

1. Sehr starke Chlorosen und Nekrosen.
2. Ausgeprägte Chlorosen auf der Infektionszone.
3. Mäßig starke Chlorosen auf der Infektionszone.
4. Ganz zarte chlorotische Verfärbungen der Infektionszone.
5. Spitzenschäden.
6. Sehr geringe Spitzenschäden.
7. Wuchshemmungen.
8. Starke Wuchshemmungen.
9. Schäden so stark, daß der Versuch nicht gewertet wurde.

Es zeigt sich, daß o-Toluolsulfonamid in noch viel stärkerem Maße rosthemmend wirkt als p-Toluolsulfonamid. Mengen von 0,6 mg auf 100 qcm

Bodenfläche führen bei *Puccinia triticina* noch zu einer völligen Unterbindung des Pustelausbruchs, Gaben von 0,2 mg machen sich bei dieser Rostart noch deutlich bemerkbar. In der Wirkung auf die anderen Getreideroste scheint eine gewisse Parallele zu p-Toluolsulfonamid vorzuliegen. Denn *Puccinia coronata* und *Puccinia glumarum* wurden auch durch o-Toluolsulfonamid weniger unterdrückt als die übrigen Rostarten. Ob die bei sehr geringen Aufwandmengen sonst zu beobachtenden Unterschiede kritisch gewertet werden können, muß, wie bereits erwähnt, bezweifelt werden.

Die wesentlich kräftigere Wirkung des o-Toluolsulfonamids macht sich aber auch in stärkeren Schädigungen der Versuchspflanzen bemerkbar. Gaben von 4—6 mg auf 100 qcm führen beispielsweise bei Weizen noch starke Spitzenschäden herbei, Hafer wird durch Aufwandmengen von 16 mg abgetötet. Der chemotherapeutische Index $\frac{c}{t}$ liegt also bei o-Toluolsulfonamid viel ungünstiger als bei p-Toluolsulfonamid, so daß diesem trotz der etwas schwächeren rosthemmenden Wirkung der Vorzug einzuräumen sein dürfte.

Mit den beiden Sulfonamiden wurden noch einige Versuche mit abgeänderter Methodik durchgeführt. 10 und 30 mg jeder Substanz wurden mit dem Bodeninhalt eines etwa 1250 ccm fassenden Versuchsgefäßes gleichmäßig durchgemengt; in diesen Boden wurden

- a) in einem kleinen Blumentopf soeben aufgelaufene Pflanzen von Michigan Amber mitsamt dem Wurzelballen eingesetzt (27. April);
- b) solche Pflanzen einzeln einpikiert (27. April);
- c) Samen von Michigan Amber ausgelegt (20. April).

Am 3. Mai wurden die Pflanzen mit *Puccinia triticina* beimpft. Zur besseren Übersicht sind die Ergebnisse dieses Versuches tabellarisch zusammengefaßt (Tabelle 5).

Die Befunde erweisen die rosthemmende Wirkung beider Toluolsulfonamide, auch wenn diese mit dem Boden vermennt werden. Die wesentlich stärkere Wirkung des o-Toluolsulfonamids findet sich bestätigt. Durch einen Zusatz von 10 mg zum Boden wird der Rostbefall stets völlig unterdrückt, während dies bei p-Toluolsulfonamid nur dann der Fall ist, wenn die Pflanzen in dem präparierten Boden aufgelaufen sind. 30 mg o-Toluolsulfonamid führen sodann zum Tode der Versuchspflanzen, soweit sie nicht mit dem Ballen eingesetzt sind und infolgedessen einen nicht so innigen Kontakt mit dem Boden haben wie bei den anderen Versuchsarten. Von p-Toluolsulfonamid sind dagegen 30 mg erforderlich, ehe erst eine fast völlige Rostunterdrückung erzielt werden kann. Erwartungsgemäß lassen die Pflanzen, die in den Versuchsboden ausgesät waren, regelmäßig die stärkste Wirkung sowohl auf den Rostbefall wie auf Habitus und Bewurzelung der Wirtspflanzen erkennen.

Tabelle 5.

Braunrostbefall, Habitus und Bewurzelung von Weizenkeimpflanzen bei Anzucht in einem mit p-Toluolsulfonamid und o-Toluolsulfonamid durchsetzten Versuchsboden. Versuchseinzelheiten siehe Text.

Substanz in 1250 ccm Boden	Versuchsmethode (siehe Text)	Die Einwirkung von					
		p-Toluolsulfonamid auf			o-Toluolsulfonamid auf		
		Rostbefall	Wuchs und Aussehen	Durchwurzelung	Rostbefall	Wuchs und Aussehen	Durchwurzelung
10	a	1 Pflanze Typus 0, sonst wie Kontrolle	= Kontrolle	= Kontrolle	Typus 0	Wuchs etwas gehemmt, keine Blattschäden	Geringer als bei den Kontrollen
	b	= Kontrolle	= Kontrolle	= Kontrolle	Typus 0 mit geringer Chlorose	= Kontrolle	= Kontrolle
	c	Typus i. Nur 1 Pflanze mit Einzelpusteln	= Kontrolle	= Kontrolle	Typus 0 mit geringer Chlorose	Stark im Wuchs gehemmt, keine Blattschäden	Gering
30	a	7 Pflanzen Typus 0, 2 Pflanzen mit Einzelpusteln, 3 Pflanzen sehr locker befallen	= Kontrolle	Geringer als bei den Kontrollen	Typus 0	Wuchs gehemmt, starke Spitzenschäden	Nicht über den Ballen hinausgewurzelt
	b	9 Pflanzen Typus 0, 3 Pflanzen mit lockerem Befall	Wuchs gehemmt, keine Blattschäden	Gut	Pflanzen fast tot		
	c	11 Pflanz. Typus 0, 1 Pflanze mit lockerem Befall	Wuchs stark gehemmt, keine Blattschäden	Schlecht	Pflanzen fast tot		

Die Wirkungsweise der Sulfonamide wie auch der übrigen erwähnten rosthemmenden Substanzen beruht in keinem Fall auf der Ausscheidung gasförmigen Stoffe, wie es seinerzeit für α -Naphthol und andere nachgewiesen werden konnte. Für die Sulfonamide ergab sich diese Feststellung bereits aus den soeben erwähnten Versuchen. Die Frage wurde im übrigen noch auf dieselbe Weise geprüft wie in den früheren Untersuchungen, indem während der 48 Stunden, die die Versuchspflanzen nach der Beimpfung mit einer Glasglocke bedeckt wurden, ein mit dem zu prüfenden Präparat versetzter und ein unbehandelter Versuchstopf gemeinsam unter einer Glocke zur Aufstellung gelangten. Die Pflanzen dieses „Nebentopfes“ wiesen in allen Fällen normalen gleichmäßigen Befall auf, auch wenn auf dem mit dem Präparat versetzten Versuchstopf der Rost völlig unterdrückt war.

Die rostmindernde Wirkung von Toluolsulfonamid ist gegenüber verschiedenen physiologischen Rassen einer Rostart völlig gleich, wie in einigen mit Weizenbraunrost durchgeführten Versuchsreihen festgestellt wurde, auf die hier nicht näher eingegangen zu werden braucht. Um nun die Frage zu klären, ob die Wirkung bei Verwendung ein und derselben Rasse eine Abhängigkeit von der jeweils vorliegenden Wirtssorte aufweist, wurden mit 25 wahllos aus unserem Sortiment herausgegriffenen Weizensorten und der Braunrostrasse C entsprechende Untersuchungen durchgeführt. Es erübrigt sich, auf diese Versuche näher einzugehen, soweit hierbei ein positiver Befund, d. h. eine erwartungsgemäß eintretende Rostunterdrückung erzielt wurde. Die Rostminderung war dann in jedem Fall, unabhängig von der gewählten Weizensorte, gleich stark. Eine andere Beobachtung aus diesen Versuchsreihen verdient jedoch besonders hervorgehoben zu werden. In einem Anfang Juli 1937 durchgeführten Versuch wirkte die gewählte Aufwandmenge von 4 mg p-Toluolsulfonamid auf 100 qcm Bodenoberfläche in den meisten Fällen in nur auffallend geringem Maße rostmindernd. Die sofort mit den gleichen Sorten und mit gesteigerten Gaben von 6 und 12 mg p-Toluolsulfonamid angesetzte Wiederholung erbrachte Ende Juli noch viel schlechtere Ergebnisse. Praktisch war hier im Durchschnitt von einer Herabsetzung des Rostbefalls überhaupt nicht mehr zu sprechen. Zwei weitere, Anfang August und Anfang September durchgeführte Wiederholungen, in denen Mengen von 4, 8 und 12 mg p-Toluolsulfonamid auf 100 qcm Bodenoberfläche verabreicht wurden, zeitigten dagegen wieder zufriedenstellende Ergebnisse, die mit den früheren Erfahrungen weitestgehend im Einklang standen. Eine Deutung für den negativen Ausfall der beiden Versuchsreihen kann nicht gegeben werden. Die zunächst zur Erklärung herangezogene Annahme, daß die hohe Temperatur während des Julis für das Versagen des Toluolsulfonamids verantwortlich gemacht werden könnte, ließ sich nicht aufrechterhalten, da die Durchschnittstemperaturen während des im August

laufenden befriedigenden Versuches noch um einige Grade höher lagen. Da das Unterlaufen eines Versuchsfehlers, zumindest bei der Wiederholung des ersten negativ ausgefallenen Versuches, ausscheidet, bleibt nur festzustellen, daß bislang nicht bekannte Faktoren die rostmindernde Wirkung des p-Toluolsulfonamides in mehr oder weniger starkem Maße aufheben können. Diese Feststellung bedeutet naturgemäß für den Wert des p-Toluolsulfonamids als Rosthemmungsmittel eine gewisse Herabsetzung; sie zwingt außerdem zu einer vorsichtigen Beurteilung der beobachteten unterschiedlich starken Wirkung auf die verschiedenen Rostarten, solange diese nicht durch eine größere Anzahl von Wiederholungsversuchen unbedingt gesichert ist.

b) Untersuchungen über die Abhängigkeit der rosthemmenden Wirkung bewährter Präparate von der Bodenart.

Mit den Präparaten Pikrinsäure, Tetranitromethan, p-Toluolsulfochloramidnatrium und p-Toluolsulfonamid, die sich in den früheren (2) oder in den vorstehenden Untersuchungen bewährt hatten, wurden einige Versuche durchgeführt, um festzustellen, inwieweit die Einwirkung dieser Substanzen auf den Rostbefall und auf das Wuchsbild der Versuchspflanzen von der Bodenart beeinflußt wird.

Folgende Böden standen für die Untersuchungen zur Verfügung:

1. Sandiger Lehm pH 7,5
2. Lehmiger Sand pH über 7
3. Grober Bausand mit Nährlösung pH 7,5
4. Humoser Wiesenboden (Anger) pH 7,5
5. Reiner Lehm pH unter 6
6. Schwerer bindiger Lehm (Klei) pH 7,5 bis 8
7. Kompost pH 7 bis 7,5
8. Verrotteter Torf pH 4 bis 4,5.

Die Versuche unterscheiden sich hinsichtlich der Methodik von dem im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen Verfahren lediglich dadurch, daß die Pflanzen in den einzelnen Versuchsreihen in diesen verschiedenartigen Böden angezogen wurden. In jeder Versuchsreihe diente selbstverständlich ein Topf zur Kontrolle, dessen Pflanzen nur mit Rost beimpft, nicht aber vorher mit den rosthemmenden Chemikalien behandelt wurden. Es sei vorweg bemerkt, daß auf diesen Kontrollpflanzen keine greifbaren Unterschiede im Rostbefall zur Feststellung kamen. Im Wuchsbilde wirkten sich die verschiedenen Böden dagegen deutlicher aus, indem die in Bausand und vor allem die in saurem Lehm angezogenen Pflanzen ein verhältnismäßig schwächtiges, die in Torf und Kompost herangewachsenen Pflanzen dagegen ein ausnehmend kräftiges und üppiges Wachstum aufwiesen. Die durch die Chemikalien je nach Bodenart im Rost- und Wuchsbilde herbeigeführten Änderungen sind übersichtlich in Tabelle 6 zusammengefaßt.

Tabelle 6.

Die rosthemmende Wirkung einiger chemischer Substanzen in Abhängigkeit von der Bodenart.

Versuchseinzelheiten siehe Text.

Präparat	Milligramm auf 100 gcm Bodenfläche	Beeinflussung des Rostbefalls bei Anzucht in						
		Sandigem Lehm	Lehmigem Sand	Bausand mit Nähr- lösung	Anger	Reinem Lehm	Klei	Kompost
Pikrinsäure	120	5,6 ●●●●	2,5,6 ●●●●	3,5,6 ●●●●	●●●●+	2,6 ●●●●	5,6 ●●●●	6 ●●●●+
	60	5,6 ●●●●	5 ●●●●	3,5,6 ●●●●	3,6 ●●●●+	6 ●●●●	6 ●●●●○	+++
		8 ●●●●	2 ●●●●+	8 ●●●●	2 ●●●●+	8 ●●●●	2 ●●●●	8 +++
Tetranitromethan	120	1,6 ●●●●	1,6 ●●●●	1,6 ●●●●	6 ●●●●	6 ●●●●	1,6 ●●●●	4,6 ●●●●+
	60	1,6 ●●●●	1,6 ●●●●	1,6 ●●●●	6 ●●●●	6 ●●●●	1,6 ●●●●	6 ●●●●+
	120	1,4 ●●●●	1,6 ●●●●	8 ●●●●	3,7 ●●●●	1,4 ●●●●	1,4,6 ●●●●	7 ●●●●
p-Toluolsulfonamidnatrium	60	2,4 ●●●●	1,6 ●●●●	1,4 ●●●●	3,7 ●●●●	4 ●●●●	2,4,6 ●●●●	7 ●●●●
	16	7 ●●●●	7 ●●●●	1,6 ●●●●	7 ●●●●	6 ●●●●	7 ●●●●	7 ●●●●○
	4	7 ●●●●○	7 ●●●●○	2,6 ●●●●	●●●●+	6 ●●●●	●●●●+	●●●●+

1. Starke Wuchshemmung.

2. Geringe Wuchshemmung.

3. Wuchs besser als der der unbehandelten Kontrollpflanzen.

4. Spitzennekrosen und -chlorosen.

5. Gelbfärbung der Blattspitzen.

6. Chlorotische Verfärbungen der Infektionszone.

7. Ganz geringe chlorotische Verfärbungen.

8. Schäden zu stark, als daß der Versuch gewertet werden könnte.

Bei der Pikrinsäure ergibt sich die überraschende Feststellung, daß die sonst (2) beobachtete starke rosthemmende Wirkung auf verrottetem Torf vollständig aufgehoben ist. Böden mit humosen Bestandteilen, wie Anger und vor allem Kompost, lassen gleichfalls eine starke Abschwächung der rostmindernden Wirkung erkennen. Im Zusammenhang mit dieser Beobachtung ist festzustellen, daß die Pflanzen auf diesen humosen Böden wie auf Torf nicht die schmutzig-gelbe Verfärbung der Blattspitzen aufweisen, die sonst — mit Ausnahme der auf saurem Lehm gewachsenen Pflanzen — stets vorliegt und auf eine Aufnahme der intensiv gelb färbenden Pikrinsäure hinweist. — Die gleichen Ergebnisse wurden in einigen mit anderen Getreiderostarten durchgeführten Versuchsreihen erzielt, die in Tabelle 6 nicht mit aufgenommen sind: der Pustelausbruch von *Puccinia dispersa*, *Puccinia simplex* und *Puccinia coronata* wurde wie der von *Puccinia triticea* völlig unterdrückt, wenn die Pflanzen in sandigem Lehm angezogen wurden. Der Befall mit den drei Rostarten war aber gleich stark wie bei den Kontrollen, wenn die Pflanzen in Torf standen. Ganz besonders deutlich zeigte sich bei Hafer dann die erwähnte Parallele zwischen Gelbfärbung der Blattspitzen und Rostunterdrückung. Während die in sandigem Lehm gewachsenen, völlig rostfreien Haferpflanzen (in Übereinstimmung mit der auch sonst beobachteten starken Empfindlichkeit des Hafers) eine intensive Gelbfärbung der Blattspitzen aufwiesen, unterschied sich der Hafer auf Torf weder im Rostbild noch im Aussehen von den Kontrollen. — Pikrinsäure bewirkte auf Bausand, zum Teil auch auf humosem Wiesenboden eine Förderung des Wachstums gegenüber den unbehandelten Kontrollen, die im auffallenden Gegensatz zu der auf lehmigem Sand und auf Lehm zu beobachtenden geringen Wachstums- hemmung steht.

Tetranitromethan führte auf sandigem Lehm, auf Bausand, saurem Lehm und Torf zu derart starken Schäden, daß die Versuche nicht gewertet werden konnten. In den übrigen Fällen zeigte sich bei gleichzeitiger Wuchshemmung eine mehr oder weniger starke, nur auf Kleiboden eine völlige Rostunterdrückung.

p-Toluolsulfochloramidnatrium wirkte auf allen Böden völlig rostunterdrückend mit Ausnahme von Kompost und Torf. Auf Torf zeigte die Hälfte der Pflanzen Typus 0, die andere Hälfte Typus III. Die durch p-Toluolsulfochloramidnatrium verursachten Wuchshemmungen waren meist erheblich; besonders stark auf Bausand. Lediglich die auf Anger, Lehm und Torf angezogenen Pflanzen ließen keine Wuchsstörungen erkennen.

p-Toluolsulfonamid bewährte sich auf allen Böden als ein ausgezeichnet wirkendes Rostbekämpfungsmittel. Bei den geringeren Aufwand- mengen lassen nur Anger, Klei und vor allem wieder Torf eine geschwächte Wirkung erkennen. Sehr unterschiedlich ist demgegenüber die Einwirkung des p-Toluolsulfonamids auf das Aussehen der damit behandelten Pflanzen.

Bei einer Gabe von 120 mg auf 100 qcm Bodenoberfläche werden die in Bausand herangewachsenen Pflanzen unerträglich geschädigt, auf den übrigen Böden treten starke Wuchshemmungen, Spitzenschäden und ausgeprägte chlorotische Aufhellungen der Infektionszone auf, mit Ausnahme wieder von Torf und Anger. Der Wuchs auf Torf ist gleich gut wie bei den Kontrollen, die Chlorosen sind nur sehr gering. Auf Anger ist neben unbedeutenden chlorotischen Verfärbungen sogar eine Förderung des Wuchses zu erkennen. Bei geringeren Aufwandmengen ist naturgemäß ein Nachlassen dieser Auswirkungen des p-Toluolsulfonamids festzustellen, doch tritt die hohe Empfindlichkeit der in Bausand herangewachsenen Pflanzen selbst bei der geringen Menge von 4 mg p-Toluolsulfonamid auf 100 qcm Bodenfläche noch deutlich in Erscheinung.

Es ist bemerkenswert, daß chemisch so verschiedene Körper wie Pikrinsäure und Toluolsulfonamid in ihrer rosthemmenden Wirkung nachlassen, wenn die Pflanzen in Torf angezogen werden. Vermutlich ist diese Erscheinung physikalisch bedingt. Denn die Prüfung, ob die im Torf enthaltenen wasserlöslichen Bestandteile hierfür verantwortlich zu machen sind, führte zu negativen Ergebnissen. Nach der Verabfolgung optimaler Aufwandmengen von Pikrinsäure und p-Toluolsulfonamid zeigten Pflanzen, die von vornherein ausschließlich mit Torfwasser begossen wurden, den gleichen Grad der Rostminderung wie in der üblichen Weise mit Regenwasser begossene Pflanzen.

c) Bemerkungen zu den mit organischen Substanzen bekannter chemischer Konstitution erhaltenen Ergebnissen.

Wie einleitend bereits hervorgehoben wurde, waren für die Auswahl der in den vorstehenden Versuchen auf ihre rosthemmende Wirkung hin neu geprüften organischen Substanzen die von uns früher bereits gewonnenen Erfahrungen richtungweisend. Die im Hinblick auf die seinerzeit mit Pikrinsäure erzielten Befunde mit nitrierten Präparaten durchgeführten Untersuchungen haben nun die in sie gesetzten Erwartungen insofern nicht ganz erfüllt, als sie nicht durchweg eine Rostminderung erbrachten und vor allem in keinem Fall die früher bei Pikrinsäure beobachtete Wirkung erreicht wurde. Auf die geringe oder fehlende Wasserlöslichkeit einiger Substanzen kann dies kaum zurückzuführen sein, da sich auch unter den mehr oder weniger wirksamen Präparaten einige befinden, die praktisch nicht wasserlöslich sind. Wir müssen uns daher mit der Feststellung einer ganz spezifischen Wirkung auch nahe verwandter chemischer Präparate begnügen.

Die mit den übrigen nicht nitrierten Substanzen durchgeführten Versuche, für deren Auswahl die rosthemmende Wirkung des p-Toluolsulfochloramidnatriums bestimmend war, haben gleichfalls sehr unterschiedliche Ergebnisse gebracht. Sie führten jedoch zu der naheliegenden Auffindung

der Toluolsulfonamide, die die rostmindernde Wirksamkeit aller anderen bisher erkannten Rostbekämpfungsmittel bedeutend übertreffen.

Trotz der ungleichmäßigen Wirksamkeit der untersuchten Präparate bestätigen die Befunde die seinerzeit bereits geäußerte Annahme (Gaßner und Hassebrauk, 2, S. 439), daß organische Substanzen, die Nitrogruppen oder Schwefel enthalten, am ehesten die Wahrscheinlichkeit einer rosthemmenden Wirkung bieten. Desgleichen zeigte sich auch, daß den geprüften Toluolderivaten in Übereinstimmung mit den früheren Resultaten eine besondere Bedeutung zukommt.

Unter allen bisher geprüften Chemikalien stellen, wie erwähnt, die Toluolsulfonamide die bei weitem wirksamsten Substanzen dar. Durch Gaben von 4 mg p-Toluolsulfonamid bzw. sogar nur 0,6 mg o-Toluolsulfonamid auf 100 qcm Bodenoberfläche konnte eine hoch anfällige Weizensorte gegen *Puccinia triticina* völlig immunisiert werden. Pikrinsäure, die sich in den früheren Untersuchungen — von dem chlorierten Toluolsulfonamid abgesehen — am besten bewährt hatte, zeigt demgegenüber eine völlige Unterdrückung des Braunrostbefalls mit Sicherheit nur bis zu Mengen von etwa 60—80 mg auf 100 qcm Bodenoberfläche, wie einige hier im einzelnen nicht zu erörternde Versuche erbrachten. In geringeren Gaben (20—40 mg) kann Pikrinsäure allerdings unter Umständen auch noch eine beträchtliche Rostminderung herbeiführen; die Wirkung ist aber bereits unzuverlässig. Die Pikrinsäure hat anderseits gegenüber den Toluolsulfonamiden den Vorzug, auch in relativ großen Mengen von den Pflanzen ohne ersichtliche Schädigung vertragen werden zu können, wenn wir von der Gelbfärbung der Blattspitzen absehen. Jedoch liegt auch bei dem p-Toluolsulfonamid die Dosis tolerata meistens nicht so niedrig, daß seine Verwendungsmöglichkeit schlechthin in Frage gestellt wäre. So ist z. B. die auffallend starke Wirkung auf den Befall mit *Puccinia triticina* bei geringeren, aber noch durchaus wirksamen Aufwandmengen mit einer anscheinend völligen Unschädlichkeit für die Wirtspflanze gepaart. Die Infektionszone weist hier höchstens eine ganz geringfügige chlorotische Marmorierung auf. Die für die Unterdrückung der übrigen Getreiderostarten minimal erforderlichen Gaben führen zu unbedeutenden Spitzenschäden der Blätter oder zu ausgeprägten Chlorosen vom Infektionstypus 0. Lediglich bei Haferkronenrost erscheint das Verhältnis c:t so ungünstig, daß Versuche zur Bekämpfung von *Puccinia coronata* durch p-Toluolsulfonamid gar nicht in Erwägung zu ziehen sein dürften.

Die Versuche mit Pikrylchlorid, Trinitrotoluol, Natriumamidonaphtholdisulfonicum, in geringerem Maße auch mit den Toluolsulfonamiden, lassen eine ganz spezifische Wirksamkeit dieser Substanzen gegenüber den einzelnen Getreiderostarten erkennen. Ob diese spezifische Wirkung gesetzmäßig ist, läßt sich trotz der wiederholt bestätigten Befunde auf Grund der auf S. 26 angeführten Beobachtungen nicht — zumindest nicht für

p-Toluolsulfonamid — mit Sicherheit feststellen. Eine derart spezifische Wirkung besteht gegenüber zahlreichen physiologischen Rassen ein und derselben Rostart offenbar nicht, wobei allerdings hervorgehoben sei, daß entsprechende Untersuchungen bisher in größerem Umfange lediglich mit verschiedenen Rassen von *Puccinia triticea* durchgeführt wurden.

Es ergibt sich die Frage, ob diese bei mehreren Chemikalien beobachtete Spezifität der rosthemmenden Wirkung primär durch die Rostart oder durch die Wirtspflanzen bedingt wird. Der S. 26 erwähnte Sortenversuch zeigt eine gleichmäßige Beeinflussung der zur Infektion verwendeten Rostart, unabhängig von der jeweils vorliegenden Wirtssorte, und spricht somit für eine vorherrschende Wirkung auf den Rostpilz. Desgleichen geben uns die Fälle, wo die Beobachtung einer unterschiedlichen Wirksamkeit an Rostarten gemacht werden konnte, die auf derselben Wirtssorte parasitieren, einen Hinweis in der gleichen Richtung. Die vereinzelt Befunde dieser Art, die mit Schwarzrost, Gelbrost und Braunrost nach der Behandlung der Wirtssorte Michigan Amber mit Trinitrotoluol, Natriumamidonaphtoldisulfonicum, zum Teil auch mit Toluolsulfonamid, erzielt wurden, scheinen dafür zu sprechen, daß für die Wirksamkeit einer Substanz in erster Linie die Rostart ausschlaggebend ist. Es sei in diesem Zusammenhang auch auf die Versuche Sempios (9) hingewiesen, deren Ergebnisse gleichfalls eine spezifische Einwirkung immunisierender Substanzen auf den Parasiten erkennen lassen. Jedoch können die Befunde Sempios nicht ohne weiteres auf den vorliegenden Fall übertragen werden, da dieser Autor mit Rost und Mehltau, nicht aber mit verschiedenen *Puccinia*-Arten gearbeitet hat.

Für eine zweifelsfreie Beantwortung der ganzen Frage sind die von mir gewonnenen Versuchsunterlagen allerdings zu gering. Es bedarf hierzu umfangreicher Prüfungen verschiedener Rostarten auf ein und derselben Wirtssorte, wie sie ja gerade bei den Getreiderosten in mannigfacher Möglichkeit geboten sind. Es wäre hierzu vor allem auch eine Prüfung unter völlig gleichen Bedingungen, möglichst in parallel laufenden Versuchsreihen, vonnöten, um Störungen der Ergebnisse durch unbekannte Außenfaktoren auszuschalten (vgl. S. 26).

Über den eigentlichen Vorgang der chemischen Immunisierung haben wir keine Klarheit. Er kann in einer direkten toxischen Einwirkung der unverändert oder vielleicht je nach Wirtsart selektiv verschieden aufgenommenen Substanzen auf den Pilz beruhen oder durch die Bildung von Abwehrstoffen, vielleicht auch durch die Auslösung dynamischer Abwehrkräfte der Zelle zustande kommen, die sich ja wie die Toxizität der Substanzen gleichfalls in ganz spezifischer Richtung äußern könnten. Daß die Unterbindung des Rostbefalls durch die von den Pflanzen aufgenommenen Substanzen durchaus nicht immer eine rein passive Erscheinung darstellt, die sich durch Schädigungen der Wirtspflanzen erklären

ließe, hatten wir früher bereits betont (Gaßner und Hassebrauk, 2, S. 445). Diese Feststellung fand sich auch in den vorliegenden Untersuchungen wieder bestätigt. Durch Benzolsulfamid wurden beispielsweise alle Getreidearten äußerst stark geschädigt. Auf den nekrotischen Teilen der Blätter unterblieb in diesem Fall naturgemäß jede Fruktifikation; der ungeschädigte Blattgrund ließ aber nicht im geringsten Maße eine Abschwächung der Rostanfälligkeit erkennen, sondern wies stärksten Pustelausbruch auf. Andererseits konnte durch Pikrylchlorid, Natriumamidonaphtholdisulfonicum und schwache Gaben der Sulfonamide in vielen Fällen eine beträchtliche oder völlige Rostunterdrückung erzielt werden, ohne daß die Pflanzen äußerlich sichtbare Schädigungen aufwiesen. Wir haben es also bei der Wirkung dieser drei Präparate mit einem Immunisierungsvorgang zu tun, der unabhängig von Schädigungswirkungen verläuft, dessen Zustandekommen aber, wie oben erwähnt, noch durchaus in Dunkel gehüllt ist.

Die bedeutsame Frage, ob die im Laboratoriumsversuch bewährten Substanzen für praktische Zwecke Verwendung finden können, läßt sich noch nicht beantworten, da die hierüber eingeleiteten Versuche noch nicht zum Abschluß gekommen sind. Die vorstehend beschriebenen Untersuchungen haben zu dieser Frage insofern einen Beitrag geliefert, als die mit einer beschränkten Anzahl verschiedener Bodenarten durchgeführten Versuche eine mehr oder weniger starke Abhängigkeit der Immunisierung von der Bodenbeschaffenheit erkennen ließen. Mit dieser Feststellung werden die bereits früher von uns geäußerten Bedenken gegen eine praktische Verwendungsmöglichkeit rosthemmender Substanzen in einem Punkte vermehrt, der seinerzeit noch gar nicht gesondert von uns in Betracht gezogen war. Eine weitere Einschränkung erfahren die Aussichten auf eine praktische Verwendungsmöglichkeit, solange nicht erkannt ist, welche Faktoren bei einer sonst so vorzüglich wirkenden Substanz wie dem p-Toluolsulfonamid zu einer völligen Wirkungslosigkeit führen können.

Ist somit die Frage der feldmäßigen Rostbekämpfung auf chemotherapeutischem Wege einstweilen nach wie vor mit vorsichtigster Zurückhaltung zu beurteilen, so braucht vielleicht in anderer Hinsicht einer derart skeptischen Einstellung nicht von vornherein Raum gegeben zu werden. Die gegen die praktische Verwendungsmöglichkeit immunisierender Chemikalien vorgebrachten Bedenken stützen sich in erster Linie auf die Erwägung, daß den im Freiland angebauten Pflanzen im Gegensatz zu den im Gewächshaus verwendeten Versuchspflanzen ein unbeschränkter Wurzelraum zur Verfügung steht, der die Zuführung rosthemmend wirkender Präparate ungemein erschwert, wenn nicht gar unmöglich macht. Derartige Bedenken kommen in Fortfall, wenn es sich um den Versuch einer Rostbekämpfung bei eingetopften Pflanzen handelt. Es wäre zum Beispiel denkbar, daß sich diese oder jene gegen Getreide-

roste wirksame Substanz auch gegen Rostparasiten unserer gärtnerischen Kulturpflanzen bewährte, soweit es sich jedenfalls nicht um Freilandkulturen handelt. Es sind Versuche eingeleitet, die Brauchbarkeit der Pikrinsäure sowie der Toluolsulfonamide in dieser Richtung zu prüfen.

4. Versuche mit Karbolineen und anderen Produkten der Teerölindustrie.

Osterwalder (7, 8) berichtet über erfolgreiche Bekämpfung von Rosenrost durch eine Spritzung mit Karbolineum. Der Rostausbruch war nach Angabe dieses Autors an den im Winter oder im zeitigen Frühjahr bespritzten Rosen im Vergleich zu den unbehandelten Pflanzen bis in den August und Herbst hinein stark verzögert. Im gleichen Sinne äußert sich Kordes (4). In einer Fachzeitschrift beantwortet dieser erfahrene Praktiker eine Anfrage, welche Vorbeugungsmaßnahmen gegen Rosenrost ergriffen werden könnten, dahingehend, daß u. a. „eine auch den Boden gut treffende Spritzung mit Obstbaumkarbolineum im März nach dem Abdecken der Rosen vorzunehmen“ sei. Eine weitere Angabe über die Verwendung von Teerölprodukten zur Rostbekämpfung findet sich schließlich noch bei Ogilvie und Brian (6). Nach diesen Autoren hat eine im Spätherbst oder im frühen Winter im Freibeet vorgenommene Teerölwaschung der Pfefferminzen eine beträchtliche Unterdrückung des Befalls mit *Puccinia menthae* zur Folge.

Wie Vergovsky (10) neuerdings nachgewiesen hat, perenniert *Puccinia menthae* nicht; die Frühjahrsinfektion ist vielmehr stets auf Teleutosporen zurückzuführen. Für *Phragmidium* sp. wird demgegenüber eine Mycelüberwinterung nach wie vor angenommen; ob diese Ansicht zu Recht besteht, muß dahingestellt bleiben. Unbeschadet einer etwa vorliegenden Mycelüberdauerung spielt fraglos aber auch beim Rosenrost die Ausbreitung durch Sporidien eine bedeutende Rolle. Man darf daher wohl zur Erklärung der oben erwähnten Fälle zunächst zu der naheliegenden Annahme greifen, daß durch das Karbolineum Teleutosporen des Pfefferminz- bzw. Rosenrostes abgetötet wurden, oder daß ein dünner Karbolineumfilm die Pflanzen vor anfliegenden Sporidien oder anderen Sporenarten geschützt hat. Die Angabe von Kordes, daß die Spritzung auch den Boden gut treffen müsse, läßt sich gleichfalls zwanglos mit der Anschauung in Einklang bringen, daß hierdurch im Boden ruhende Teleutosporen vernichtet werden. Im Hinblick auf unsere mit anderen organischen Substanzen gewonnenen Erfahrungen erweckte jedoch dieser von Kordes hervorgehobene besondere Hinweis meine Aufmerksamkeit. Es bestand immerhin noch die andere Möglichkeit, daß von den Pflanzen Bestandteile des Karbolineums aufgenommen werden, die eine rostmindernde Wirkung ausüben.

Die Nachprüfung dieser Möglichkeit wurde von mir nicht an Rosen oder an Pfefferminzen, sondern wie bei den übrigen bereits beschriebenen

Versuchen an Getreidekeimpflanzen vorgenommen. Mehrere Fabriken der Teerindustrie stellten mir für die Untersuchungen bereitwilligst Proben ihrer Erzeugnisse und der bei der Verarbeitung anfallenden Rohprodukte zur Verfügung, wofür ich auch an dieser Stelle meinen Dank ausspreche.

Es kamen insgesamt 40 verschiedene Karbolineen und verwandte Produkte zur Prüfung. Die Präparate wurden in der üblichen Weise mit Quarzsand vermengt und nach dem Auflaufen der Versuchspflanzen gleichmäßig auf die Oberfläche der Versuchsgefäße ausgebreitet. Sämtliche Versuche sind mit Strubes Dickkopf durchgeführt, der in Töpfen von 1000 ccm Rauminhalt (Höhe 11 cm, oberer Durchmesser 13½ cm) angezogen und 4—6 Tage nach Verabfolgung der Teerölprodukte mit *Puccinia triticina*, Rasse 14, beimpft wurde.

Auf eine tabellarische Wiedergabe der Ergebnisse muß verzichtet werden, da sich im Verfolg der Untersuchungen herausstellte, daß sich die Befunde, selbst bei möglichst genauer Innehaltung der Versuchsbedingungen, nicht immer gleichen, sondern zuweilen sowohl hinsichtlich der Wirkung auf den Rostbefall wie auch bezüglich der Schadwirkungen mehr oder weniger starke Schwankungen aufweisen können. Es war dies auch einer der Gründe, warum von einer weiteren Arbeit mit Teerölprodukten schließlich abgesehen werden mußte.

Alle geprüften Rohkarbolineen wiesen eine eindeutig rostmindernde Wirkung auf. Im Gegensatz zu den in den übrigen Untersuchungen als wirksam erkannten Chemikalien sind aber stärkere Aufwandmengen erforderlich, um eine befriedigende Rostunterdrückung zu erzielen. Als minimale Dosis wurde im allgemeinen 0,2 g pro Topf, d. h. also etwa 140 mg/100 qcm, benötigt. Eine größere Anzahl von Rohkarbolineen führte dann in Mengen von 280—420 mg/100 qcm zu einer fast völligen Unterbindung des Pustelausbruches. Unter den einzelnen Fabrikmarken scheinen zum Teil geringe Unterschiede in der rostmindernden Wirkung zu bestehen, die aber nicht in allen Fällen durch Wiederholungsversuche gesichert sind und um so eher mit Vorsicht bewertet werden müssen, als, wie bereits erwähnt, bei einigen eingehender untersuchten Karbolineen eine gewisse Regellosigkeit der Wirkung zu beobachten war. Noch weitaus ungleichmäßiger erwies sich die durch Rohkarbolineen an den Versuchspflanzen herbeigeführte Schädigung. In Wiederholungsversuchen mit der gleichen Fabrikmarke wurden einmal Mengen bis zu 560 mg/100 qcm ohne irgendwelche Anzeichen einer Schädigung getragen, während in der Regel 280 mg, ausnahmsweise auch schon 140 mg/100 qcm ausgesprochene Wachstumshemmungen bewirkten.

Gegenüber den Rohkarbolineen verursachten Obstbaumkarbolineen im allgemeinen noch stärkere Schäden, während die Rostunterdrückung eher als geringer anzusprechen war.

Verschiedene Lasolineen, Rohkresol, Mittelöl, Leichtöl und Rohchinolin blieben bis zur Schädigungsgrenze fast ganz oder nahezu wirkungslos auf den Rostbefall. Auch Pyridin versagte, während Sempio (9) hiermit bei *Uromyces appendiculatus* gute Erfolge, allerdings bei gleichzeitiger ungünstiger Wirkung auf die Wirtspflanzen, erzielt hat. Anthracenöl und vor allem Rohnaphthalin übten hingegen wieder einen recht starken rostmindernden Einfluß aus, wobei sich zwar der chemotherapeutische Index $\frac{c}{t}$, ähnlich wie bei den Rohkarbolineen, meist sehr ungünstig gestaltete.

Um einen näheren Anhaltspunkt dafür zu gewinnen, welche Bestandteile des Teeröls in erster Linie für die rosthemmende Wirkung verantwortlich zu machen sind, wurden die bei fraktionierter Destillation gewonnenen Anteile einer besonderen Prüfung unterzogen. Wenn sich hierbei zwar auch wieder bei einer Wiederholung des Versuches der Übelstand zeigte, daß sich die Dosis curativa und die Dosis toxica nicht mit Sicherheit scharf begrenzen lassen, so konnten doch folgende Feststellungen gemacht werden: Die rostunterdrückende Wirkung setzt bei den etwa von 240° C ab übergehenden Anteilen ein, ist optimal bei den zwischen 280° und 300° C gewonnenen Fraktionen und klingt dann wieder ab. Schädigungen werden vornehmlich durch die bei niedrigeren Temperaturen übergehenden Fraktionen ausgelöst, während von den höher siedenden Anteilen (> 300° C) verhältnismäßig größere Aufwandmengen von den Pflanzen vertragen werden. Diese Ergebnisse stehen weitgehend im Einklang mit den bei der Prüfung von Leichtöl, Mittelöl und Anthracenöl gewonnenen Resultaten. Während die ersten beiden keinen rosthemmenden Einfluß ausübten, wirken sich beim Anthracenöl die noch darin enthaltenen stark schädigenden (270—290° C) und die verhältnismäßig wirkungslosen Bestandteile (über 300° C) im Gesamtbilde ungünstig aus.

Die mehr oder weniger starke Rostunterdrückung, die durch die erwähnten Teerölprodukte und -fraktionen herbeigeführt wird, bietet das gleiche Bild, wie es uns auch in den früheren Untersuchungen häufig entgegengetreten ist. Es kommt nicht zu einer Veränderung des Infektionstypus, sondern zu einer Auflockerung bzw. gänzlichen Unterbindung des Pustelausbruches ohne chlorotische Verfärbungen der Infektionszone.

Im Hinblick auf die Tatsache, daß den zumeist wasserunlöslichen Teerölpräparaten ein intensiver Geruch eigen ist, mußte mit der Möglichkeit gerechnet werden, daß ihre rostmindernde Wirkung — zumindest zusätzlich — durch flüchtige Substanzen hervorgerufen wird, wie es in den früheren Untersuchungen für α -Naphtol und andere Präparate nachgewiesen wurde.

Die zur Nachprüfung dieser Erwägung angestellten Untersuchungen brachten folgende Ergebnisse: Wird am Tage der Beimpfung ein frisches

Gemisch von Karbolineum mit Sand auf die Erdoberfläche eines Versuchsgefäßes ausgestreut und dieser Topf vorübergehend, d. h. für die Dauer der auf die Beimpfung folgenden Bedeckungszeit, mit einem anderen, nicht mit Karbolineum behandelten Versuchstopf gemeinsam unter eine Glasglocke gestellt, so wird der Rostbefall, entsprechend der gewählten Aufwandmenge an Karbolineum, auf den Pflanzen beider Töpfe im gleichen Ausmaß unterdrückt. RohkARBOLINEUM wirkt also in diesem Falle gasförmig. Gleicht man diese Prüfung aber der sonst gebräuchlichen Methodik insofern an, als man das Karbolineum-Sand-Gemisch wenigstens drei bis vier Tage auf der Erdoberfläche eines Versuchsgefäßes frei im Gewächshaus liegen läßt und dann erst vorübergehend zusammen mit unbehandelten Pflanzen unter eine Glasglocke bringt, so ist eine gasförmige Wirkung nicht mehr zu beobachten. Auf den Pflanzen des „Nebentopfes“ kommt der Rost in derselben Stärke zum Ausbruch wie auf den Kontrollpflanzen, die nach der Beimpfung allein unter einer Glasglocke standen. Die gleichen Ergebnisse wurden bei entsprechenden Versuchen mit den rosthemmend wirkenden Teerölfraktionen gewonnen. Bei Keimprüfungen erzielte Befunde stehen mit diesen Resultaten im Einklang und beweisen, daß die gasförmige Wirkung frischen Karbolineums auf einer Unterbindung der Sporenkeimung beruht. Auf einer dünnen Agarschicht ausgestäubte Sporen keimen unter einer Glocke mit frischem Karbolineum-Sand-Gemisch nicht aus. Im Gegensatz zu den mit α -Naphthol gewonnenen Erfahrungen weisen sie aber nach der Überführung in eine feuchte Kammer mit reiner Luft nachträglich noch etwa 25 % Keimung auf. Steht das Karbolineum-Sand-Gemisch vor Beginn des Keimversuches aber wenigstens drei Tage frei an der Luft, so keimen 80 % der Sporen gegenüber 86 % bei den Kontrollen, d. h. also, eine Keimhemmung ist praktisch nicht mehr zu beobachten. Diese 80 % unterscheiden sich von den Kontrollsporen allerdings ganz eindeutig dadurch, daß die Keimschläuche wesentlich kürzer sind.

Mit der Feststellung, daß nur die Ausscheidungen frischen Karbolineums auf Rostsporen toxisch wirken, war nun nicht bewiesen, daß die rostunterdrückende Wirkung nicht doch in der Abgabe flüchtiger Substanzen ihre Ursache hat, zumal ja bei den in Gegenwart eines älteren Karbolineum-Sand-Gemisches ausgekeimten Sporen ein deutlich gehemmtes Keimschlauchwachstum verzeichnet wurde. Auch die Beobachtung, daß sich der Rost auf den Pflanzen normal entwickelte, die während der ersten 48 Stunden nach der Beimpfung mit einem älteren Karbolineum-Sand-Gemisch gemeinsam unter einer Glocke aufbewahrt wurden, schloß nicht endgültig die Möglichkeit einer gasförmigen Wirkung bei dauernder Gegenwart eines Teerölpräparates aus. Es wurden daher noch einige weitere Untersuchungen durchgeführt, um über die Ursache der rosthemmenden Wirkung von Teerölprodukten Klarheit zu schaffen.

Die Methodik dieser Versuche ist zum Teil die gleiche, wie sie bereits angewandt und beschrieben wurde (S. 24). 0,4 g Rohkarbolineum wurden mit der Erde (1250 ccm) eines Versuchsgefäßes gut durchgemengt und in diesen Boden Versuchspflanzen der Sorte Strubes Dickkopf kurz nach dem Auflaufen eingesetzt. Die Pflänzchen wurden in der einen Versuchsreihe mitsamt dem Wurzelballen ihrer kleinen Anzuchtgefäße in den Boden eingesenkt, in der anderen Versuchsreihe einzeln eingikiert. Auf den vier Tage später mit *Puccinia triticina* beimpften Pflanzen kam es in jeder Versuchsreihe zu einem gleichmäßig dichten Pustelausbruch, der dem der Kontrollen in nichts nachstand. Die rostmindernde Wirkung der sonst durchaus wirksamen Gabe von 0,4 g Rohkarbolineum war also durch die Vermengung mit einer größeren Bodenmenge gänzlich aufgehoben. Die mit Wurzelballen versetzten Pflanzen waren über den Ballen nicht hinausgewurzelt; die eingikierten Pflanzen zeigten eine nur sehr mangelhafte Wurzelbildung, die auch schon in dem stark gehemmten Wachstum der Folgeblätter in Erscheinung trat.

Entsprechende Ergebnisse brachten einige andere Untersuchungen, in denen Rohkarbolineum sowie die Teerölfractionen von 290—310° C in gleichmäßiger Schicht dem Boden in verschiedener Tiefe beigegeben waren. Die Versuchspflanzen wiesen stets gleichmäßig dichten Rostbefall auf. Die zu den Versuchen verwendeten gläsernen Versuchsgefäße ließen erkennen, daß die Wurzeln der Pflanzen jeweils nur bis zu der Bodentiefe vordrangen, wo sich die Schicht mit den Teerölpräparaten befand.

Es ergibt sich schon aus diesen Beobachtungen, daß die Pflanzen offensichtlich keine Bestandteile von Teerölpräparaten aufnehmen, eine innertherapeutische Wirkung dieser Substanzen also nicht vorliegt. Ein anderer Versuch erbrachte sodann den Beweis für die gasförmige rosthemmende Wirkung auch älterer Karbolineumgemische. In diesem Versuch wurde Weizen in einem großen Blumentopf randständig ausgelegt. Zwei Tage nach der Beimpfung, also nach Beendigung der Bedeckungszeit, wurde auf der Bodenoberfläche inmitten der Pflanzen eine Kulturschale aufgestellt, die mit Erde und einem Karbolineum-Sand-Gemisch zur Hälfte angefüllt war. Trotz ungestörten Infektionsbeginns und trotzdem die Pflanzen frei im Gewächshaus standen, kam späterhin nur auf vier Versuchspflanzen ein normaler Pustelausbruch zustande; die übrigen acht Pflanzen wiesen einen äußerst lockeren Befall auf. Alle Pflanzen ließen außerdem Wuchshemmungen erkennen.

Da in diesem Falle jeder unmittelbare Kontakt zwischen dem Karbolineum und den Pflanzen ausgeschlossen war, ist der Nachweis erbracht, daß Teerölpräparate durch die Ausscheidung flüchtiger Substanzen hemmend auf die Entwicklung des Rostparasiten einwirken. Die wiederholt beobachtete unterschiedlich starke Wirkung ein und desselben Präparates findet nunmehr möglicherweise darin ihre Erklärung, daß nicht genau

beachtete Faktoren, wie Lüftung sowie Isolation, einmal eine stärkere, einmal eine schwächere Abgabe flüchtiger Stoffe und eine dementsprechend schwankende Einwirkung auf den Rostbefall auslösten.

Es ist hiermit eine rosthemmende Wirkungsweise gewisser chemischer Stoffe aufgedeckt, die in unseren früheren Versuchen zum Teil vielleicht auch schon vorgelegen hat, aber in ihren Einzelheiten nicht erkannt worden ist. Die erweiterte Prüfung der rosthemmenden Substanzen Acridin und 1-Brom-2-Naphtol hatte seinerzeit einmal zu der Feststellung geführt, daß diese Chemikalien nicht gasförmig wirken, wenn man sie vorübergehend unter dieselbe Glasglocke mit unbehandelten, rostinfizierten Pflanzen bringt. Die gleichen Substanzen hatten aber auch keinerlei rosthemmende Wirkung ausgeübt, wenn sie nicht auf die Bodenoberfläche der Versuchsgefäße ausgestreut, sondern mit dem Versuchsboden vermengt wurden. Es zeigt sich in diesem Verhalten eine auffallende Parallele zu der Wirkungsweise älterer Karbolineum-Sand-Gemische. Die Stoffe haben folgendes gemein:

1. Sie werden offenbar nicht von den Pflanzen aufgenommen. Soweit sie bzw. Bestandteile von ihnen doch aufgenommen werden sollten, üben sie jedenfalls keinen rostunterdrückenden Einfluß aus.
2. Sie wirken hemmend auf die Rostentwicklung durch die Ausscheidung flüchtiger Substanzen. Diese Wirkung ergibt sich aber nicht aus einer Verhinderung der Sporenkeimung, wie wir es seinerzeit bei jenen Präparaten hatten beobachten können, für die das α -Naphtol als Prototypus hingestellt wurde. Ihre Wirkungsweise besteht vielmehr in einer Unterbindung der weiteren Entwicklung des Rostmycels.

Nach dieser Erkenntnis erübrigte es sich, die Versuche mit Teerölpräparaten weiter fortzusetzen. Substanzen mit dieser Wirkungsweise kommen für praktische Belange um so weniger in Frage, wenn sie, wie die Teerölprodukte, einen derartig ungünstigen chemotherapeutischen Index aufweisen und in der Stärke ihrer Wirkung durch Außenfaktoren in unübersichtlicher Weise beeinflußt werden.

Die Feststellung der gasförmigen Wirkung von Teerölprodukten spricht für die einleitend geäußerte Vermutung, daß der in Versuchen mit *Phragmidium* sp. und *Puccinia menthae* von anderen Autoren beobachtete rosthemmende Einfluß von Karbolineum in erster Linie auf einer Abtötung von Teleutosporen und anderen Sporenarten beruht oder in einem Schutz vor eindringenden Keimschläuchen seine Erklärung findet.

5. Versuche mit Borax.

Gigante (3) berichtet 1935 über erfolgreiche Bekämpfung von Braun- und Gelbrost durch einen Bodenzusatz von Borax. In Gewächshausversuchen soll durch Boraxgaben von wenigstens 8 g pro Quadratmeter

Bodenoberfläche auf Michigan Bronze nach der Infektion mit *Puccinia triticea* Typus III und II und bei 16 g pro Quadratmeter Typus III hervorgerufen sein. In der Veröffentlichung abgebildete Einzelblätter aus den im Gewächshaus durchgeführten Versuchsreihen zeigen zwar nach einer Boraxgabe von 8 g pro Quadratmeter eine deutliche Auflockerung des Befalls bei ganz normalem Wuchs; die doppelt so starke Boraxgabe hat dagegen eigenartigerweise eine nur ungleich geringere Rostminderung bewirkt. In Feldversuchen, die allerdings durch Wiederholungen nicht gesichert sind, hat Gigante bereits nach Zusatz von 0,5, 1, 2 und 5 g Borax pro Quadratmeter Bodenfläche eine geringe Herabsetzung von Gelbrostbefall beobachtet. Es ist schwer verständlich, wie in feldmäßigem Bestande Aufwandmengen haben wirksam sein sollen, die weit unter den für Topfversuche minimal erforderlichen Gaben liegen; noch dazu, wo Gigante im Gewächshause mit Versuchsgefäßen von nur 150 ccm Rauminhalt gearbeitet hat, die Auswirkung der Boraxdüngung hier also in besonders starkem Maße in Erscheinung treten muß.

Im Jahre 1933 hatte ich bereits Untersuchungen darüber angestellt, wie sich neben anderen verschiedenen anorganischen Substanzen auch Borsäure auf den Rostbefall auswirkt. Da diese Versuche seinerzeit wenig befriedigend verliefen, wurden sie nicht weiter ausgebaut und nicht veröffentlicht. Im Hinblick auf die von Gigante gemachten Angaben seien aber die mit Borsäure erzielten Ergebnisse nachstehend kurz wiedergegeben.

Als Versuchssorten dienten Strubes Dickkopf, Hussar und v. Rümkers früher Sommerdickkopf, als Rostart *Puccinia triticea*, Rasse 14. Die ersten beiden Sorten sind gegen diese Rasse hoch anfällig (Infektionstypus IV), während v. Rümkers früher Sommerdickkopf mäßig resistent ist (Typus III). Die Versuchspflanzen wurden in Hohenbockaer Quarzsand angezogen, der zu 70 % seiner wasserhaltenden Kraft mit folgender Nährlösung versetzt war: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 0,4; KCl 0,58; MgSO_4 0,25; $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 0,25; NaCl und FeCl_3 Spuren auf 1000 H_2O . Das Liter Nährlösung enthielt außerdem 0,25 $\text{B}(\text{OH})_3$, was auf die Größe der Versuchsgefäße umgerechnet etwa einer Gabe von 5 g pro Quadratmeter entspricht. Durch den Borsäurezusatz wurde das Rost- und Wuchsbild der einzelnen Sorten folgendermaßen beeinflusst:

Strubes Dickkopf zeigte statt des Infektionstypus IV der ohne Borgabe angezogenen Kontrollen den Typus II. Sämtliche Blätter, also auch die nicht-infizierten Folgeblätter, wiesen aber stärkste Spitzennekrosen auf.

Bei Hussar wurde die gleiche Feststellung gemacht.

Bei v. Rümkers frühem Sommerdickkopf kam statt des Typus III der Kontrollpflanzen Typus 0, I und II zur Beobachtung. Auch hier waren sämtliche Blattspitzen stark nekrotisch.

Durch höhere Borsäurezusätze wurden die Pflanzen von den Blattspitzen her so stark geschädigt, daß die Versuche nicht ausgewertet wurden.

Im Hinblick auf diese Beobachtungen mußte es zunächst überraschen, daß Gigante Boraxgaben bis zu 16 g pro Quadratmeter hat verwenden können, ohne daß, wie auch aus den Abbildungen hervorgeht, Schädigungen der Versuchspflanzen auftraten. Es war kaum anzunehmen, daß sich Borax grundsätzlich anders als Borsäure verhalten könnte; doch bestand die Möglichkeit, daß die von mir beobachteten starken Borsäureschädigungen durch den als Versuchsboden verwendeten, kolloidale Bestandteile entbehrenden Quarzsand bedingt wurden, wie es in Versuchen mit anderen Bodenzusätzen wiederholt festgestellt worden war (vgl. S. 28).

Die Angaben Gigantes wurden daher mit Borax und nach Anzucht der Versuchspflanzen in Ackerboden (sandiger Lehm) nachgeprüft. Als Versuchsgefäße dienten Blumentöpfe von 8 cm oberem Durchmessers und etwa 200 ccm Rauminhalt. Als Versuchssorte kam Michigan Amber zur Verwendung, der drei Tage nach Zugabe der mit Quarzsand gleichmäßig verriebenen, von 6—16 g pro Quadratmeter gestaffelten Boraxmengen mit *Puccinia triticina*, Rasse 14, bei 15—20° C beimpft wurde. Zehn Tage nach der Beimpfung ergab die Ablesung folgendes Bild:

Kontrolle: Gleichmäßiger, normaler Pustelausbruch.

6 g/qm: Befall aufgelockert. Sämtliche Blattspitzen einige Millimeter nekrotisch.

8 g/qm: 6 Blätter mit aufgelockertem Befall, 1 Blatt mit Einzelpusteln, 1 Blatt rostfrei. Sämtliche Blattspitzen einige Millimeter nekrotisch. Wuchs etwas gehemmt.

10 g/qm: 4 Blätter mit normalem Befall! 3 Blätter mit aufgelockertem Befall, 1 Blatt rostfrei. Blattspitzen wenigstens 5 mm nekrotisch, Wuchs etwas gehemmt.

12 g/qm: 4 Blätter mit aufgelockertem, 4 Blätter mit lockerem Befall. Wuchsbild und Blattschäden wie in der vorigen Versuchsreihe.

14 g/qm: Alle Blätter mit aufgelockertem Befall. Spitzenwärts sehr starke gelbe Chlorose und fast 1 cm Nekrose. Wuchs deutlich gehemmt.

16 g/qm: 2 Blätter mit normalem Befall! 4 Blätter mit aufgelockertem Befall, 2 Blätter mit Einzelpusteln. Spitzenwärts alle Blätter mehrere Zentimeter nekrotisch, Wuchs stark gehemmt.

Die Ergebnisse dieses Versuches bestätigen die Angaben Gigantes insofern, als durch Boraxgaben eine gewisse Auflockerung, zuweilen sogar eine Unterdrückung des Rostbefalls herbeigeführt werden kann. Die Rostminderung ist aber im allgemeinen sehr gering und auffallend ungleichmäßig, wie die wiederholten Beobachtungen ganz normalen Befalls auch nach stärkeren Boraxgaben zeigen; die Rostunterdrückung wird außerdem, wie auch aus Gigantes Versuchen hervorgeht, keineswegs gesetzmäßig durch steigende Boraxgaben erhöht und ist stets und in zunehmendem Maße von Schädigungen sowohl der infizierten wie der nicht infizierten Blätter begleitet. Eine Wiederholung des Versuches mit Strubes Dickkopf in Töpfen von 13 cm oberem Durchmesser und etwa 1000 ccm Rauminhalt ergab die gleichen Schädigungsbilder. Die Rostunterdrückung war gleicherweise sehr ungleichmäßig und im Durchschnitt noch geringer.

Trotz dieser durchaus unbefriedigenden Ergebnisse, die sich mit den früher nach Borsäuregaben beobachteten Rost- und Wuchsbildern grundsätzlich decken, wurde noch ein weiterer Versuch durchgeführt, um die Frage der Verwendbarkeit von Borax als Rostbekämpfungsmittel endgültig zu klären. Es galt noch klarzustellen, ob nicht doch in bestimmten Bodenarten eine günstige Boraxwirkung zustande kommen kann, da anders die zwischen Gigantes und meinen Beobachtungen klaffenden Widersprüche, vornehmlich bezüglich der Blattschädigungen, nicht verständlich sind.

Als Versuchssorte diente wiederum Michigan Amber, der in Töpfen von 8 cm oberem Durchmesser angezogen wurde. Auf die Versuchstöpfe wurde nach dem Spitzen der Pflanzen Borax in Mengen von 8 und 16 g/qm gleichmäßig ausgestreut. Drei Tage später wurden die Pflanzen in der üblichen Weise mit Braunrost beimpft. Die Versuchsgefäße waren mit folgenden Bodenarten beschickt:

1. Humoser Wiesenboden,
2. Grober Bausand mit Nährlösung,
3. Verrotteter Torf,
4. Reiner saurer Lehm,
5. Sandiger Lehm des Versuchsfeldes,
6. Schwerer bindiger Lehm,
7. Lehmiger Sand (Näheres siehe S. 27).

Der Versuch brachte hinsichtlich der Beeinflussung von Rost- und Wuchsbild die in der folgenden Tabelle 7 zusammengestellten Ergebnisse.

Der Befund scheint zunächst eine gewisse Abhängigkeit der Boraxwirkung von der Bodenbeschaffenheit zu zeigen, und zwar sowohl im Hinblick auf das Rostbild wie auf die an den Pflanzen zu beobachtenden Schädigungen. So ist z. B. nach der Anzucht in verrottetem Torf in Übereinstimmung mit den in Kapitel 3b erzielten Ergebnissen weder eine Rostminderung noch eine nennenswerte Schädigung zu verzeichnen, während die Rostunterdrückung, zum Teil allerdings auch die Schädigung nach der Anzucht in saurem Lehm bemerkenswert stark ist. Bei näherer Betrachtung läßt sich die Annahme eines Zusammenhanges zwischen Boraxwirkung und Bodenbeschaffenheit aber doch wohl kaum überzeugend aufrechterhalten. So wurde nicht nur nach Anzucht der Pflanzen in Torf, sondern auch in humosem Wiesenboden und vor allem in sandigem Lehm, also in physikalisch und chemisch zum Teil äußerst gegensätzlichen Bodenarten, nicht die geringste Rostunterdrückung festgestellt. Dieser Befund steht außerdem in einem gewissen Gegensatz zu dem vorerwähnten Versuch, wo dieselbe Versuchssorte in gleich großen Töpfen und ebenfalls in sandigem Lehm herangewachsen war. Im Verein mit der dort beobachteten sehr ungleichmäßigen Einwirkung auf den Rostbefall ist hieraus zu schließen, daß von einer gesetzmäßigen Rostunterdrückung durch Boraxgaben offen-

Tabelle 7.

Die Einwirkung von Boraxgaben auf das Rost- und Wuchsbild mit *Puccinia triticea* infizierter Weizenkeimpflanzen nach der Anzucht in verschiedenen Bodenarten. Versuchseinzelheiten siehe Text.

Boden-Nr.	Rostbild			Wuchsbild		
	Kontrolle	8 Gramm Borax je Quadratmeter Boden	16 Gramm Borax je Quadratmeter Boden	Kontrolle	8 Gramm Borax je Quadratmeter Boden	16 Gramm Borax je Quadratmeter Boden
1	Typus IV	= Kontrolle	Typus III	Sehr guter Wuchs	Alle Blattspitzen 4–5 mm nekrotisch. Wuchs = Kontrolle.	Spitzen der ersten Blätter auf 2 cm nekrotisch. Geringe Spitzenschäden der zweiten Blätter. Wuchs = Kontrolle.
2	Typus IV	1 Blatt Typus 0; 7 Blätter Typus II	5 Blätter mit normalem, 3 mit lockerm Befall	Normaler Wuchs	Starke Spitzennekrosen der ersten Blätter, geringe der zweiten Blätter. Wuchs = Kontrolle.	= 8,0 g/qm.
3	Typus III	= Kontrolle	= Kontrolle	Normaler Wuchs	Geringe Nekrosen aller Blattspitzen. Wuchs = Kontrolle.	= 8,0 g/qm.
4	Typus IV	Befall sehr locker	5 Blätter Typus 0, 4 Blätter mit Einzel-pusteln	Normaler Wuchs	Sehr geringe Spitzenschäden aller Blätter. Wuchs = Kontrolle.	Spitzen der ersten Blätter auf 3 cm, die der zweiten Blätter auf 1–2 cm nekrotisch. Wuchs = Kontrolle.
5	Typus IV	= Kontrolle	Soweit noch zu erkennen, gleich dem der Kontrolle	Normaler Wuchs	Erste Blätter an der Spitze auf 4–5 cm nekrotisch, zweite Blätter auf 1 cm. Blattfarbe heller als bei der Kontrolle. Wuchs normal.	Erste Blätter auf über die Hälfte, zweite Blätter auf 1 cm nekrotisch. Starke Wachshemmung.
6	Typus IV	Befall zum Teil etwas aufgelockert	4 Blätter Typus 0, 4 Blätter Typus II	Sehr guter Wuchs	Geringe Spitzenschäden aller Blätter. Wuchs normal.	Erste Blätter auf 2–3 cm, zweite Blätter auf 1 cm an der Spitze nekrotisch. Blätter schmal und etwas im Wuchs gehemmt.
7	Typus IV	Zum Teil etwas aufgelockerter Befall	Nicht mehr zu erkennen	Normaler Wuchs	Spitzen der ersten Blätter auf 3 cm, die der zweiten Blätter auf 1 cm nekrotisch. Wuchs normal.	Erste Blätter fast bis zum Grunde nekrotisch. Zweite Blätter mit starken Spitzenschäden. Starke Wachshemmung.

sichtlich nicht gesprochen werden kann. Die gleichen Mengen wirken eigenartigerweise mal stärker, mal schwächer, ohne daß die Ursache hierfür erkennbar wäre. Die Feststellung der regellosen Wirkung wird durch eine weitere Beobachtung aus dieser Versuchsreihe noch unterstrichen: nach Anzucht in Bausand ist die Rostunterdrückung durch 8 g Borax relativ gut, durch 16 g Borax dagegen gering bzw. gar nicht vorhanden. — Da ähnliche widerspruchsvolle Ergebnisse auch im Hinblick auf die Schädigung zu verzeichnen sind, lassen sich irgendwelche Folgerungen auf die Abhängigkeit der Boraxwirkung von der Bodenbeschaffenheit aus diesem Versuch mit Sicherheit nicht ziehen. Es kann daher auf eine weitere Besprechung der Ergebnisse verzichtet werden. Hervorzuheben ist lediglich, daß mehr oder weniger starke Spitzenschäden stets, Wuchshemmungen bei stärkeren Boraxgaben häufig auftraten.

Zwei mit *Puccinia simplex* und *Puccinia coronata* durchgeführte Versuchsreihen brachten grundsätzlich die gleichen Ergebnisse, wie sie mit *Puccinia trititica* erzielt waren, nur daß die Blattschäden bei Gerste und Hafer noch wesentlich stärker waren als bei Weizen. Die Primärblätter mit 8 g Borax pro Quadratmeter versetzter Gerstenpflanzen wiesen fast bis zum Grunde vernichtende nekrotische Schäden auf, zeigten aber an der Basis noch fast normalen Pustelausbruch. Bei Hafer wurden nach 8 g Borax pro Quadratmeter stärkste Spitzennekrosen bei lockerem Befall und nach 16 g/qm das gleiche Schädigungs- und Rostbild wie bei der mit 8 g/qm behandelten Gerste beobachtet.

Die mit Borax gewonnenen Versuchsergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen: Durch die Düngung mit Borax kann in Gewächshausversuchen eine Minderung, vereinzelt sogar eine völlige Unterdrückung des Rostbefalls herbeigeführt werden. Im allgemeinen ist aber die Rostminderung sehr unbedeutend; sie ist vor allem ausgesprochen regellos und wird durch steigende Boraxgaben keineswegs entsprechend verstärkt oder gar gesichert. Gleichzeitig werden in Gewächshausversuchen bereits durch die für eine Rostminderung minimal erforderlichen Boraxmengen zumeist starke nekrotische Spitzenschäden an den Blättern der Versuchspflanzen herbeigeführt, wodurch der für Zwecke der Rostbekämpfung an sich schon sehr fragliche Wert einer Boraxgabe hinfällig wird.

6. Zusammenfassung.

1. Auf Grund der in früheren Untersuchungen gewonnenen Erfahrungen wurden 16 organische, Nitrogruppen oder Schwefel enthaltende Substanzen bekannter Konstitution in Gewächshausversuchen auf ihre rostmindernde Wirkung geprüft.
2. Als Untersuchungsobjekt dienten Keimpflanzen der Hauptgetreidearten, die einige Tage nach dem Aufstreuen der Substanzen auf

die Bodenoberfläche der Versuchsgefäße mit stark aggressiven Rassen von *Puccinia* sp. beimpft wurden.

3. Ein Teil der geprüften Präparate blieb wirkungslos. Vereinzelt wirkten mehr oder weniger stark rostunterdrückend, wobei sich in der Wirkung gegenüber verschiedenen Rostrassen keine, gegenüber den verschiedenen Rostarten aber zum Teil beträchtliche Unterschiede beobachten ließen. Sehr stark hemmend auf alle Rostarten wirkten, von einigen bisher unerklärten Ausnahmen abgesehen, nur p-Toluolsulfonamid und vor allem o-Toluolsulfonamid.
4. Soweit die Substanzen einen rosthemmenden Einfluß ausüben, erklärt dieser sich niemals durch eine Abscheidung toxisch wirkender flüchtiger Substanzen.
5. Die Toluolsulfonamide sind unter allen bisher als rosthemmend befundenen Substanzen die bei weitem wirksamsten; sie haben gegenüber der gut aber schwächer wirkenden Pikrinsäure den Nachteil eines ungünstigeren chemotherapeutischen Index'.
6. p-Toluolsulfonamid zeigte bei Verwendung ein und derselben Braunrostrasse, die auf 25 verschiedene Weizensorten geimpft wurde, stets die gleiche rostunterdrückende Wirkung, unabhängig von der gewählten Wirtsorte.
7. Nach Anzucht der Versuchspflanzen in verschiedenen Bodenarten ließen einige bewährte Präparate eine Abhängigkeit ihrer rosthemmenden Wirkung von der Bodenbeschaffenheit erkennen. Je stärker die Böden mit humosen Bestandteilen durchsetzt sind, desto mehr wird die rostmindernde Wirkung abgeschwächt; bei Verwendung von Torf als Anzuchtboden ist zum Teil überhaupt keine Wirkung auf den Rostbefall mehr festzustellen.
8. Durch Karbolineen und andere Teerölprodukte kann eine starke Rostminderung herbeigeführt werden, die aber durch Außenfaktoren in unübersichtlicher Weise beeinflusst wird. Die Herabsetzung des Rostbefalls findet mit größter Wahrscheinlichkeit darin ihre Erklärung, daß diese Substanzen flüchtige Stoffe abscheiden, die direkt auf das Wachstum des Rostpilzes hemmend wirken. Der chemotherapeutische Index gestaltet sich bei Teerölprodukten ungünstig.
9. Eine Nachprüfung der von Gigante berichteten rostmindernden Wirkung von Borax führte zu der Feststellung, daß durch Boraxgaben in Gewächshausversuchen eine mehr oder weniger starke Unterdrückung des Rostbefalls herbeigeführt werden kann. Die Rostminderung ist aber durchaus unregelmäßig. Die Versuchspflanzen werden außerdem durch Borax zumeist sehr stark geschädigt.

7. Schriftenverzeichnis.

- 1 Gaßner, G. und Hassebrauk, K. Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Mineralsalzernährung und Verhalten der Getreidepflanzen gegen Rost. *Phytopath. Zeitschrift* **3**, 1931, 535.
- 2 Gaßner, G. und Hassebrauk, K. Untersuchungen zur Frage der Getreiderostbekämpfung mit chemischen Mitteln. *Phytopath. Zeitschrift* **9**, 1936, 427.
- 3 Gigante, R. Ricerche sopra l'influenza del boro sulla resistenza delle piante agli attacchi parassitari. *Boll. Staz. Pat. veg. Roma, N. S.* **15**, 1935, 471.
- 4 Kordes, W. Rost an Rosen. *Deutscher Garten* **50**, 1935, 63.
- 5 Nozdratcheff, K. G. Common salt in the control of cereal rusts. *Plant Prot. Leningrad* **10**, 1936, 28.
- 6 Ogilvie, L. and Brian, P. W. Hot-water treatment for Mint Rust. *The Gardeners Chronicle* **98**, 1935, 65.
- 7 Osterwalder, A. Krankheiten der Gartenpflanzen (In: *Ber. Eidgen. Versuchsanstalt Obst-, Wein- und Gartenbau, Wädenswil 1929—1930*). *Landw. Jahrbücher Schweiz* **46**, 1932, 352.
- 8 Osterwalder, A. Rosenrost. — Bekämpfungsversuche (In: *Ber. Eidgen. Versuchsanstalt Obst-, Wein- und Gartenbau, Wädenswil 1931—1934*). *Landw. Jahrbücher Schweiz* 1934—1935, 636.
- 9 Sempio, C. Influenza di varie sostanze sul parassitamento: ruggine del Fagiolo, ruggine e mal bianco del Frumento. *Rev. Pat. Veg.* **26**, 1936, 201.
- 10 Vergovsky, V. I. Peppermint rust and measures for its control. *Bull. méd. techn. Pl. Simferopol* **3**, 1935, 5.

Untersuchungen über den Einfluß von Äther- und Chloroformnarkose auf das Rostverhalten junger Getreidepflanzen.

Ein Beitrag zum Resistenzproblem.

Von

G. Gaßner und K. Hassebrauk.

Inhalt: 1. Die früheren Feststellungen. — 2. Durchführung der Versuche. — 3. Versuche mit *Puccinia triticina*: a) Rostbild der verwendeten Weizensorten. b) Narkosewirkung auf „frisch infizierte“ Weizenpflanzen (Narkose zwei Tage nach Beimpfung). c) Narkosewirkung auf „frisch beimpfte“ Weizenpflanzen (Narkose unmittelbar nach der Impfung). d) Narkosebehandlung der Weizenpflanzen vor der Impfung. — 4. Versuche mit anderen Rostarten. — 5. Besprechung der Ergebnisse: a) Infektionstypus und Befallsstärke als Maßstab von Anfälligkeitsverschiebungen. b) Die Wirkung der Narkosebehandlung auf das Anfälligkeitsverhalten der Versuchspflanzen. — 6. Chlorophyllgehalt und Stickstoffhaushalt der narkotisierten Pflanzen. — 7. Die Anfälligkeitsänderungen narkotisierter Pflanzen im Rahmen des Resistenz- und Immunitätsproblems: a) Vorbemerkungen und Fragestellung. b) Stickstoffhaushalt und Anfälligkeitsverhalten. c) Die Beeinflussung passiver und aktiver Resistenzfaktoren durch Änderungen des Stickstoffgehaltes der Nährpflanze. d) Die Beurteilung der Anfälligkeitsänderungen narkotisierter Pflanzen. — 8. Hauptergebnisse. — 9. Schriftenverzeichnis.

1. Die früheren Feststellungen.

Aus der in dieser Zeitschrift 1933 von Minkevičius (24) gegebenen Zusammenstellung der einschlägigen Arbeiten geht hervor, daß die Wirkung einer Narkosebehandlung auf den Befall durch pilzliche Parasiten nicht einheitlich ist, sondern in bestimmten Fällen in einer Steigerung der Empfänglichkeit der Nährpflanze, in anderen aber in einer Verschlechterung des Befalls zu bestehen scheint. Die von Minkevičius durchgeführten Versuche mit *Alternaria brassicae* auf Kohl und *Uromyces appendiculatus* auf Bohnenpflanzen lassen ebenfalls deutliche Verschiedenheiten der Narkosewirkung erkennen; *Alternaria brassicae* hat (S. 149) „die Neigung, die Blumenkohlpflanzen ohne Unterschied, ob sie durch die Narkose in ihren Lebensfunktionen... geschwächt oder gefördert sind, zu befallen“. Dagegen geht bei *Uromyces appendiculatus* der Befall der Bohnenpflanzen „in gleicher Richtung wie die Wirkung der Narkose auf die Wirtspflanze: die durch die Narkose geschwächten Pflanzen werden auch von dem Parasiten weniger befallen“.

Die widerspruchsvollen Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen gestatten heute noch keine Betrachtung der Narkosewirkungen von einem

einheitlichen Gesichtspunkt aus. Vor allem erscheint es kaum möglich, die nicht nur mit verschiedener Methodik, sondern vor allem mit verschiedenen Pflanzen und Pilzen durchgeführten Untersuchungen im einzelnen unmittelbar zu vergleichen. Da die im folgenden wiedergegebenen eigenen Versuche über Narkosewirkung und Befall mit Rostpilzen durchgeführt sind, wollen wir uns daher mit gutem Grund darauf beschränken, die von uns erhaltenen Ergebnisse nur mit denjenigen Arbeiten in Vergleich zu setzen, in denen als parasitäre Pilze ebenfalls Rostarten Verwendung gefunden hatten.

Zum ersten Male hat Stakman (27) die Wirkung einer Äther- und Chloroformnarkose auf das Anfälligkeitsverhalten von Getreidepflanzen gegen Rost geprüft. Die Versuche wurden mit solchen spezialisierten Formen des Schwarzrostes durchgeführt, die normalerweise auf den von Stakman gewählten Getreidearten nicht parasitieren. Die beimpften Pflanzen zeigten nach der Narkose häufig stärkere Verfärbungen als die nicht narkotisierten, außerdem vereinzelt eine allerdings geringe Pustelbildung.

Die Versuche Stakmans werden meist als Beweis einer durch die Äther- bzw. Chloroformbehandlung induzierten „künstlichen Empfänglichkeit“ gedeutet (Minkevičius, 24, S. 99; vgl. auch Volk, 33, S. 60). Die Beurteilung der Versuche wird leider dadurch erschwert, daß Angaben über die angewandten Äther- und Chloroformkonzentrationen fehlen. Auch scheinen weder die beobachteten Verfärbungen noch das vereinzelte Vorkommen von Fruktifikationen restlos beweisend. Auf Grund unserer eigenen, später gebrachten Beobachtungen dürfen die insbesondere nach Äthernarkose auftretenden Verfärbungen nur mit größter Vorsicht zur Beurteilung des Infektionsbildes herangezogen werden. Wenn Stakman ferner von einer Erhöhung der Fruktifikation berichtet, so ist zu berücksichtigen, daß es sich nur um vereinzelte und schwache Sporenbildungen handelt, und daß derartige geringe Fruktifikationen in den Versuchen Stakmans hin und wieder auch auf den Kontrollpflanzen eingetreten sind.

Nach Stakman hat sich dann Volk (33) mit der Narkosewirkung auf rostinfizierte Getreidepflanzen beschäftigt. Er kommt auf Grund seiner mit *Puccinia dispersa* durchgeführten Versuche zu der Feststellung, „daß eine Narkotisierung von Roggen mit Äther die Infektions- und Lebensbedingungen für Rost (*Puccinia dispersa*) verschlechtert“ (S. 62). „Denn die Infektionen durch Rost waren auf dem mit Narkotika vorbehandelten Roggen weniger zahlreich, die Fruktifikation eher geringer als auf den Kontrollpflanzen.“ Der vorstehend zitierte Satz zeigt gleichzeitig, daß als Maßstab der Narkosewirkung die Zahl der gebildeten Uredolager benutzt wurde.

Besonders sorgfältig und umfangreich sind die an dritter und letzter Stelle zu erwähnenden Untersuchungen von Minkevičius (24) über die

Beeinflussung des Bohnenrostes durch Äther- und Chloroformnarkose. Die Bewertung der Narkosewirkung erfolgte hier durch Feststellung der Zahl der Infektionsstellen je Quadratzentimeter Blattfläche. Nach Minkevičius ist mit steigenden Narkotikumkonzentrationen bzw. zunehmender Einwirkungsdauer ein Rückgang der Zahl der Infektionsstellen festzustellen. „Ein Zusammenhang zwischen der Wirkung der Narkose auf das Wachstum der Wirtspflanze und auf den Befall derselben durch *Uromyces* war überall mehr oder weniger wahrnehmbar, und zwar nahm dort, wo das Wachstum der Blätter (bzw. des Stengels) durch die Narkose deutlich gehemmt wurde, auch der Befall der Blätter durch den Pilz ab. Diese Tatsache sowie die... Unbeeinflussbarkeit der Sporen durch die verwendeten Konzentrationen der Narkotika läßt vermuten, daß die Verminderung des Befalles der Bohnenpflanzen durch *Uromyces appendiculatus* auf der durch die Narkose in irgendeiner Weise herabgesetzten Empfänglichkeit der Wirtspflanze beruht.“ (S. 148/149.)

Wir haben die vorstehenden Sätze wörtlich zitiert, weil aus ihnen hervorgeht, daß der Autor die „Verminderung des Befalls“ auf eine „herabgesetzte Empfänglichkeit der Wirtspflanze“ zurückführt. Auf die Berechtigung eines solchen Schlusses bzw. der Benutzung des Befalls als Maßstab der Empfänglichkeit werden wir anlässlich unserer eigenen Untersuchungen noch näher einzugehen haben.

Die Veröffentlichung der folgenden, bereits vor mehreren Jahren durchgeführten Untersuchungen hatten wir zunächst längere Zeit zurückgestellt, da beabsichtigt war, die Rostinfektionsversuche durch stoffwechselphysiologische Untersuchungen narkotisierter Pflanzen in weitestem Umfange zu ergänzen. Das ist leider durch das unvorhergesehene Ausscheiden des ersten der beiden Verfasser nur noch zu einem kleinen Teil möglich gewesen. Trotzdem glauben wir, im folgenden zu den in Frage stehenden Problemen einen positiven Beitrag zu geben.

2. Durchführung der Versuche.

Die Versuche sind mit *Puccinia triticina* und *Puccinia graminis* zu Weizen und *Puccinia coronata* zu Hafer durchgeführt. Von *Puccinia triticina* kamen Rasse 14 und 53, von *Puccinia graminis* Rasse 79 und von *Puccinia coronata* Rasse 59 (nach Straib, 31) zur Verwendung. Um einer vielleicht unzulässigen Verallgemeinerung der Einzelbefunde vorzubeugen, wurden sämtliche Versuche gleichzeitig nach Möglichkeit mit mehreren Getreidesorten, und zwar möglichst solchen verschiedenen Resistenzverhaltens durchgeführt. Die verwendeten Getreidesorten sind später bei der Besprechung der mit den verschiedenen Rostarten durchgeführten Versuche angegeben.

In allen Versuchen kamen junge Getreidepflanzen zur Verwendung, die in üblicher Weise in Blumentöpfen mit Gartenerde herangezogen waren. Geimpft wurde stets das erste Blatt; die Impfung selbst erfolgte durch Übertragung einer Aufschwemmung frischer Uredosporen in Agarlösung mittels Wattepinsels. Nach der Impfung wurden die Versuchspflanzen im allgemeinen zunächst zwei Tage unter Glocken gehalten und standen dann frei im Gewächshause.

Die Narkotisierung der Versuchspflanzen wurde mit Äther oder mit Chloroform unter Glasglocken von 25 Liter Rauminhalt durchgeführt. Die Glocken standen auf geschliffenen Glasplatten; ihr unterer, ebenfalls geschliffener Rand wurde mit wasserfreiem Wollfett luftdicht abgeschlossen. Die Narkotika wurden in genau bemessenen Mengen einem kleinen Wattlebenschlauch zugeführt, der am unteren Ende des oben befindlichen Verschlussstopfens der Glocken befestigt war. Während der Begasung standen die mit Pflanzen beschickten Glocken im Laboratorium entweder in diffusum Tageslicht oder in bestimmten Versuchsreihen auch abgedunkelt. Nach der Narkose kamen die Pflanzen in das Gewächshaus zurück.

Die Einwirkung der Anaesthetika dauerte im allgemeinen 24 oder 48 Stunden. In besonderen Vorversuchen war als geeignete Konzentration eine Menge von 2 ccm Äther bzw. 0,5 ccm Chloroform auf 25 Liter Luftraum ermittelt. Diese Konzentrationen liegen für die meisten Sorten nahe der Schädigungsgrenze. Konzentrationsänderungen, die als Folge von Adsorptionserscheinungen während der Versuchsdauer unvermeidlich sind (vgl. Minkevičius, 24), konnten unberücksichtigt bleiben, da alle Versuche nach der gleichen Methodik durchgeführt sind, so daß sich diese Schwankungen weitgehend ausgleichen.

Die Kontrollversuche wurden meist doppelt angesetzt. Einmal wurden gleichzeitig und in derselben Weise beimpfte Pflanzen für die gleiche Zeit wie die narkotisierten Pflanzen unter Glocken ohne Zusatz eines Narkotikums gehalten. Außerdem aber wurden Getreidepflanzen, deren erstes Blatt nicht mit der Sporen-Agar-Aufschwemmung, sondern mit reiner Agarlösung abgerieben, also nicht infiziert war, ebenfalls der Wirkung der Narkotika ausgesetzt und dann weiter beobachtet. Dieser zweite Kontrollversuch erwies sich als nötig, um Fehlschlüssen bei dem Auftreten chlorotischer oder nekrotischer Verfärbungen vorzubeugen und die Frage beantworten zu können, ob solche Verfärbungen als Folge der Impfung oder als Wirkung der Narkosebehandlung zu beurteilen sind.

Die Feststellung der Narkosewirkung auf den Rostbefall erfolgte sowohl durch die Beobachtung der Befallsstärke wie durch Heranziehung der Veränderungen des Infektionstypus; dadurch unterscheiden sich unsere Untersuchungen von den Versuchen von Volk und Minkevičius, die ausschließlich die in der Pustelbildung zum Ausdruck kommende Befallsstärke berücksichtigen. Der Infektionstypus ist in der

üblichen Weise festgestellt: 0 bedeutet höchste Resistenz (Nekrosen oder Chlorosen ohne Pustelbildung), IV höchste Anfälligkeit, also Pustelbildung ohne wesentliche Chlorosen, I—III entsprechende Zwischenstufen, *i* bedeutet immun. Die Befallsstärke haben wir durch Ziffern nach einer 8- bzw. 9-teiligen Befallsskala bezeichnet (0 kein Befall, 1—8 steigender Befall).

Bemerkt sei schließlich noch, daß wir uns bei der folgenden Besprechung der Versuchsergebnisse zunächst darauf beschränken, den Einfluß der Narkosewirkung auf Befallsstärke und Infektionstypus sachlich darzulegen, ohne aus den Befunden Rückschlüsse auf die Beeinflussung des Anfälligkeitsverhaltens zu ziehen. Die Beantwortung der Frage, in welcher Weise die Änderungen von Befallsstärke und Infektionstypus eine Beurteilung der Anfälligkeitsverschiebungen gestatten, muß auf einen späteren Abschnitt dieser Arbeit verschoben werden (S. 68).

3. Versuche mit *Puccinia triticea*.

a) Rostbild der verwendeten Weizensorten.

Die verwendeten Weizensorten zeigten nach der Impfung mit *Puccinia triticea* unter üblichen Gewächshausbedingungen die in der folgenden Tabelle 1 zusammengestellten Infektionstypen und Befallsstärken. Wie aus der Tabelle hervorgeht, sind Weizensorten ganz verschiedenen Resistenzverhaltens zu den Versuchen herangezogen worden.

Tabelle 1.

Weizensorten und Rostbild in den Versuchen mit *Puccinia triticea*.

Sorte	Rasse 14		Rasse 53	
	Infektions- typus	Befallsstärke	Infektions- typus	Befallsstärke
Strubes Dickkopf . . .	IV	8	IV	8
Berkners Continental . .	IV bis III	8	IV	8
Hussar	III	7	III bis IV	8
v- Rümkers fr. S. D. . .	III	6	—	—
Roter Tiroler Spelz . .	—	—	I	2—3
Webster	II bis III	5	I, selten 0 oder II	2, selten 0 oder 4
Carina	II bis III	5	—	—
Mediterranean	0, selten IV	0, selten 8	—	—
Malakoff	—	—	0 bis <i>i</i>	0
Demokrat	—	—	I, selten 0 oder II	2, selten 0 oder 4

b) Narkosewirkung auf „frisch infizierte“ Weizenpflanzen.

(Narkose zwei Tage nach der Beimpfung.)

Als „frisch infiziert“ bezeichnen wir hier Pflanzen, die nach stattgehabter Impfung zwei Tage unter Glocken, also unter Bedingungen gehalten waren, die Sporenkeimung und Eindringen der Schläuche in ausreichendem Maße gewährleisten. Erst in unmittelbarem Anschluß an den zweitägigen Aufenthalt unter Glocken erfolgte die Narkosebehandlung.

Abgesehen von der Keimung der Sporen und dem Eindringen der Keimschläuche verläuft also bei einer solchen Versuchsanstellung die ganze weitere Entwicklung des Rostpilzes in Pflanzenteilen, die unter der Wirkung bzw. den Nachwirkungen der Narkosebehandlung stehen.

Tabelle 2.

Beeinflussung von Wuchsbild, Infektionstypus und Befallsstärke verschiedener Weizensorten durch Narkosebehandlung.

Narkose: 2 Tage nach der Beimpfung. Rost: *Puccinia triticina*, Rasse 14.

Weizensorte	Narkotikum	Menge je 25 Liter ccm	Dauer, Tage	Wachstum und Aussehen der Pflanzen	Infektions- typus	Befalls- stärke
Strubes Dick- kopf	—	—	—	Normal	IV	8
	Äther	2,0	1	Wuchs normal, zweite Blätter häufig mit trockenen Spitzen	IV	8
		2,0	2	Wuchs normal, zweite Blätter mit Spitzennekrosen. Zuweilen zonale Nekrosen	IV	8
	Chloroform	0,5	1	Wuchs gehemmt, namentlich die zweiten Blätter sehr kurz. Dunkle Blattfarbe	IV	8
		0,5	2	Wuchs stark gestaucht; Folgeblätter zum Teil geschädigt	IV	8
Hussar	—	—	—	Normal	III	7
	Äther	2,0	1	Wuchs etwas gehemmt	III	7
		2,0	2	Wie vorstehend, zuweilen zonale Nekrosen	III	7
	Chloroform	0,5	1	Zweite Blätter gestaucht	III	7
		0,5	2	Zweite Blätter gestaucht, Blätter dunkelgrün. Mehrfach zonale Nekrosen und Chlorosen (auch an nicht geimpften Blättern)	III	7
v. Rümkers früher Sommer- Dickkopf	—	—	—	Normal	III	6
	Äther	2,0	1	Wuchs normal. Vereinzelt nekrotische Flecken (auch auf den nicht beimpften Pflanzen)	III—IV	7
		2,0	2	Blätter schmal, stärkere Nekrosen	III	6
	Chloroform	0,5	1	Pflanzen dunkelgrün. Beschleunigte Entwicklung der Folgeblätter bei gleichzeitiger starker Hemmung des Längenwachstums	IV	6
		0,5	2	Wie vorstehend	IV—III	6
Webster	—	—	—	Normal	II—III	5
	Äther	2,0	1	Wuchs normal. Nekrosen	II—III	4
		2,0	2	Sehr starke nekrotische Schäden	II	3
	Chloroform	0,5	1	Schwache Entwicklungsbeschleunigung	III	7
		0,5	2	Wie vorstehend, Pflanzen aber gleichzeitig gestaucht	III—II	6

Weizensorte	Narkotikum	Menge je 25 Liter ccm	Dauer, Tage	Wachstum und Aussehen der Pflanzen	Infektions- typus	Befalls- stärke
Parina	—	—	—	Normal	II—III	5
	Äther	2,0	1	Nekrotische Schäden	II	4
		2,0	2	Starke nekrotische Schäden	II	3
	Chloroform	0,5	1	Dunkle Blattfarbe, gestauchter Wuchs	III—IV	5
		0,5	2	Pflanzen meist tot oder doch sehr stark geschädigt	?	?
Mediterranean	—	—	—	Normal	0, selten II, III, III—IV	Im Mittel 1,6
	Äther	2,0	1	Wuchs gut, zuweilen nekrotische Flecken	0, seltener III, IV	Im Mittel 2,4
		2,0	2	Wuchs normal, häufig Nekrosen	0, selten II, III, IV	Im Mittel 1,5
	Chloroform	0,5	1	Entwicklungsbeschleunigung, Pflanzen dunkelgrün und gestaucht	III—IV	7
		0,5	2	Wie vorstehend	III, seltener IV oder 0	Im Mittel 1,6

Da uns eine solche Versuchsdurchführung die größte Sicherheit einer Beeinflussung des parasitären Verhältnisses von Pilz und Pflanze zu geben schien, haben wir sie einer größeren Anzahl von Versuchen zugrunde gelegt, die wir hier auch an erster Stelle wiedergeben wollen. Alle Untersuchungen sind mit Wiederholungen durchgeführt; da diese in ihren Ergebnissen weitgehend übereinstimmen, genügt es, im folgenden zwei Versuchsreihen ausführlicher zu besprechen (Tabellen 2 und 3).

Äther- und Chloroformbehandlung wirken verschieden und müssen deshalb getrennt besprochen werden.

Wirkung der Äthernarkose.

Das Wachstumsverhalten der Pflanzen wird durch die Äthernarkose bei nicht zu langer Einwirkung nur wenig beeinflusst; nur bei Hussar und v. Rümkers frühem Sommer-Dickkopf werden geringe Wuchshemmungen und die Ausbildung etwas schmalerer Blätter beobachtet. Verhältnismäßig häufig sind dagegen nekrotische Schäden, vor allem Nekrosen der Blattspitzen, namentlich der zweiten Blätter. Auch treten bei stärkerer Narkotisierwirkung zuweilen nekrotische Zonen auf, die ausschließlich als Folge der Narkosebehandlung zu deuten sind, da sie auch auf nicht infizierten Blättern vorliegen können. Wir führen diese nekrotischen Schäden auf eine Absorption von Äther durch Guttationstropfen und Feuchtigkeitsniederschläge zurück, weil sich in besonderen Versuchen ergab, daß Pflanzen, die vor der Ätherisierung mit Wasser über-

sprüht waren, solche Nekrosen besonders stark, zum Teil bis zur völligen Vernichtung der Blätter, zeigten.

Der Infektionstypus wird durch die Ätherisierung nicht nennenswert verändert. Schwache Verschiebungen liegen allerdings vor, bewegen sich jedoch nicht in einheitlicher Richtung. So bewirkt eine 24stündige Narkose bei v. Rümkers frühem Sommer-Dickkopf eine schwache Erhöhung des Typus (von III nach III bis IV), eine 48stündige bei Rotem Tiroler Spelz von I auf I bis III (5 Pflanzen: I, 6: II, 6: III gegenüber 10: I, 2: III bei den Kontrollpflanzen). Andererseits scheint zuweilen auch eine gewisse Herabsetzung des Infektionstypus vorzuliegen, so bei Webster

Tabelle 3.

**Beeinflussung von Wuchsbild, Infektionstypus und Befallsstärke
verschiedener Weizensorten durch Narkosebehandlung.**

Narkose: 2 Tage nach der Beimpfung. Rost: *Puccinia triticina*, Rasse 53.

Weizensorte	Narkotikum	Menge je 25 Liter ccm	Dauer, Tage	Wachstum und Aussehen der Pflanzen	Infektions- typus	Befalls- stärke
Strubes Dickkopf	—	—	—	Normal	IV	8
	Äther	2,0	1	Normaler Wuchs mit vereinzelten Spitzenchlorosen der zweiten Blätter	IV	8
		2,0	2	Zonale Nekrosen und stets Spitzennekrosen	IV	7
		2,0	3	Erste Blätter völlig nekrotisch, zweite Blätter weithin mit Spitzennekrosen	?	0
		2,0	3	Erste Blätter völlig nekrotisch, zweite Blätter weithin mit Spitzennekrosen	?	0
	Chloroform	0,5	1	Dunklere Blattfarbe, zweite Blätter verkürzt	IV	8
		0,5	2	Pflanzen dunkelgrün und gestaucht	IV	8
		0,5	3	Pflanzen dunkelgrün und stark gestaucht	IV	8
Berkners Continental	—	—	—	Normal	IV	8
	Äther	2,0	1	Normal	IV	8
		2,0	2	Zuweilen schwache Nekrosen und Spitzennekrosen der zweiten Blätter	III—IV	6
	Chloroform	0,5	1	Pflanzen dunkelgrün, zweite Blätter etwas gehemmt	IV	8+
		0,5	2	Wie vorstehend	IV	8
Hussar	—	—	—	Normal	III—IV	8
	Äther	2,0	1	Geringe Wuchshemmung	III—IV	8
		2,0	2	Wie vorstehend, außerdem vereinzelt zonale Nekrosen	III—IV	7
	Chloroform	0,5	1	Blattfarbe normal. Zweite Blätter deutlich gehemmt	IV	8
		0,5	2	Blattfarbe dunkelgrün. Zweite Blätter gestaucht, zonale Chlorosen und Nekrosen	IV	8
		0,5	3	Blattfarbe dunkelgrün, zweite Blätter gestaucht	IV	8

Weizensorte	Narkotikum	Menge je 25 Liter ccm	Dauer, Tage	Wachstum und Aussehen der Pflanzen	Infektions- typus	Befalls- stärke
Roter Tiroler Spelz	—	—	—	Normal	I	2—3
	Äther	2,0	1	Normal	I	2—3
		2,0	2	Normal	I—III	3 4
	Chloroform	0,5	1	Normal	II—III	4
		0,5	2	Normal	III IV	5
Malakoff	—	—	—	Normal. An Infektionsstellen sehr geringe Chlorosen von beschränkter Ausdehnung	0, selten i	0
	Chloroform	0,5	1	Pflanzen dunkelgrün. Zweite Blätter gestaucht, in Wuchszone häufig welk. An Infektionsstellen gesteigerte Chlorosen	I, selten 0 oder II	Im Mittel 1,7
Webster	—	—	—	Normal. Infektionsstellen mit starken und umfassenden Chlorosen	I, selten 0 oder II	Im Mittel 1,9
	Chloroform	0,5	1	Entwicklung beschleunigt, Blattfarbe unverändert. Schwache Chlorosen an Impfstellen	II—III, selten I—0	Im Mittel 5,4
Demokrat	—	—	—	Normal. Infektionsstellen mit starken Chlorosen bis Nekrosen	I, selten 0 oder II	Im Mittel 1,9
	Chloroform	0,5	1	Entwicklung beschleunigt. Blattfarbe unverändert, zweite Blätter stark gehemmt. Chlorosen der Infektionsstellen stark abgeschwächt	II—III	Im Mittel fast 6

von II bis III auf II, Carina II bis III auf II, Berkners Continental IV auf III bis IV. Jedoch ist zu berücksichtigen, daß die objektive Feststellung einer Herabsetzung des Infektionstypus dadurch ungemein erschwert wird, daß die Äthernarkose an sich schon zu Nekrosen führen kann; wir dürfen deshalb stärkeres Auftreten nekrotischer Flecken nicht ohne weiteres als Änderungen des Infektionstypus deuten.

Die Befallsstärke wird durch die Äthernarkose ebenfalls nicht einheitlich beeinflußt. Bei Strubes Dickkopf und Hussar bleibt die Befallsstärke nach der Infektion mit Rasse 14 unverändert; nach der Infektion mit Rasse 53 zeigen Strubes Dickkopf, Hussar und Berkners Continental dagegen eine geringe Herabminderung der Befallsstärke durch längere Narkotisierung. In den eben erwähnten Fällen handelt es sich um Sorten mit starkem Rostbefall. Aber auch die mäßig resistenten Sorten Webster und Carina zeigen eine Herabsetzung der Befallsstärke.

Schwache Erhöhung der Befallsstärke liegt in einem Fall bei v. Rümkers Sommer-Dickkopf vor; bei Mediterranean und Rotem Tiroler Spelz wird die mittlere Befallsstärke dadurch etwas gesteigert, daß zu einem stärkeren Prozentsatz Pflanzen mit höheren Infektionstypen auftreten.

Wirkung der Chloroformnarkose.

Wachstum und Aussehen der chloroformierten Pflanzen sind meist in charakteristischer Weise verändert. Häufig kommt es zu einer beschleunigten Ausbildung der Folgeblätter: die behandelten Pflanzen bilden unter Umständen schon das fünfte Blatt, wenn die unbehandelten erst das dritte Blatt hervortreten lassen. Die Blätter der chloroformierten Pflanzen erreichen oft nicht die normale Länge, sondern sind kurz und gestaucht. Der Hauptunterschied aber liegt meist in der auffallenden Dunkelfärbung der bei der Begasung vorhandenen Blätter; das normale Grün macht einem mehr oder weniger tiefen Dunkelgrün Platz, wobei sich allerdings Sortenunterschiede feststellen lassen. Überhaupt ist die Empfindlichkeit gegen Chloroform bei den verschiedenen Sorten ungleich; so sind die Sorten Hussar, Malakoff und Carina sichtlich empfindlicher als andere. An diesen traten bei Chloroformbehandlung zonale Chlorosen und Nekrosen auf, die unter den gleichen Versuchsbedingungen bei anderen Sorten fehlen. Auf die Sorte Carina wirkte eine 48stündige Chloroformnarkose (0,5 ccm auf 25 Liter) sogar nahezu tödlich.

Um die Verschiedenheiten der Entwicklung genau zu umschreiben, ist noch in der folgenden Tabelle 4 eine Versuchsreihe wiedergegeben, in der Blattzahl und Blattlänge unbehandelter und chloroformierter Pflanzen

Tabelle 4.

Die Beeinflussung der Blattentwicklung durch Chloroformnarkose.

Narkose: 0,5 ccm Chloroform in 25 Liter Luftraum.

Dauer der Narkose: 24 Stunden.

Ablesung: 11 Tage nach Abschluß der Narkose.

Weizensorte	Narkose	Zahl ¹⁾ der				Durchschnittliche Länge (cm) des			
		1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
		Blätter				Blattes			
Malakoff	—	26 (100)	26 (100)	18 (69)	2 (8)	8,1	12,8	3,4	2,7
	Chloroform	24 (100)	24 (100)	24 (100)	0 (0)	8,7	9,5	4,1	—
Webster	—	17 (100)	17 (100)	0 (0)	0 (0)	11,3	10,0	—	—
	Chloroform	25 (100)	25 (100)	15 (60)	0 (0)	12,4	11,3	2,3	—
Demokrat	—	18 (100)	18 (100)	0 (0)	0 (0)	10,9	14,8	—	—
	Chloroform	22 (100)	22 (100)	17 (77)	0 (0)	10,7	7,6	3,2	—

¹⁾ () = relative Werte.

gegenübergestellt sind. Die Beschleunigung der Blattentwicklung ist unverkennbar; die Stauchung der Blätter ist bei den Sorten Malakoff und Demokrat in der Entwicklung des zweiten Blattes zu beobachten.

Bei der starken Beeinflussung des Wachstumsbildes überrascht es nicht, daß es in vielen Fällen auch zu deutlichen Änderungen des Infektionstypus als Folge der Chloroformbehandlung kommt. Soweit hier Verschiebungen vorliegen, bestehen diese niemals in einer Abschwächung, sondern stets nur in einer Erhöhung des Infektionstypus. Es kommt vor, daß eine gesteigerte Narkosebehandlung (Verlängerung auf 48 Stunden) wieder zu einer Abschwächung des Infektionstypus gegenüber der 24stündigen Behandlung führt; aber auch in diesen Fällen bleibt der Infektionstypus immer noch über, zumindest aber nicht unter dem der unbehandelten Kontrollpflanzen. Die vereinzelt zu beobachtende geringere Wirkung stärkerer Narkosen hängt sichtlich mit einer gleichzeitigen Schädigung der Versuchspflanzen zusammen, die sich auch äußerlich kenntlich machen kann.

Die Erhöhung des Infektionstypus durch Chloroformnarkose finden wir mit einer Ausnahme (Hussar, Rasse 14) bei allen Weizensorten, die nicht von vornherein den maximalen Typus IV zeigen; diese Steigerung ist stets eindeutig und häufig überraschend stark. Weizensorten, die bereits den höchsten Infektionstypus aufweisen (Strubes Dickkopf, Berkners Continental), können selbstverständlich keine weitere Steigerung zeigen; sie stellen somit keine Ausnahme von der Regel dar, daß Chloroformbehandlung den Infektionstypus erhöht.

Die Befallsstärke wird durch die Chloroformnarkose ebenfalls meist erhöht; die Beeinflussung des Grades der Pustelbildung liegt also grundsätzlich in der gleichen Richtung wie die Erhöhung des Infektionstypus. Auch im Befallsgrad können natürlich Unterschiede nur dort auftreten, wo nicht von vornherein schon maximale Befallsstärke vorliegt. Doch muß hervorgehoben werden, daß bei gleichzeitiger Beeinflussung von Befallsgrad und Infektionstypus beide Vorgänge und das Ausmaß der Verschiebung nicht stets parallel verlaufen. Vielmehr ist zuweilen die Steigerung der Befallsstärke deutlich geringer, als nach der Erhöhung des Infektionstypus zu erwarten wäre; sie kann sogar völlig fehlen. Als Beispiele solcher ungleichen Verschiebungen seien folgende Beobachtungen hervorgehoben (Tabelle 5).

Während wir bei den hohen Infektionstypen IV und III sonst meist Befallsstärke 8 bzw. 6 antreffen, beobachten wir also bei den durch Narkosebehandlung induzierten höheren Infektionstypen vielfach verhältnismäßig geringe Befallsgrade. Im Zusammenhang damit muß auch noch kurz erwähnt werden, daß die auf den chloroformierten Pflanzen gebildeten einzelnen Uredolager zuweilen wesentlich kleiner waren als auf

den unbehandelten Kontrollpflanzen; besonders auffallend war dies bei den Sorten *Mediterranean* und *Demokrat*.

Tabelle 5.
Vergleich von Befallsstärke und Infektionstypus.
 (Unterlagen siehe Tabellen 2 und 3.)

Sorte	Dauer der Chloroformnarkose	Infektionstypus	Befallsstärke	
v. Rümkers früher Sommer-Dickkopf .	—	III	6	
	24 Stunden	IV	6	(also nicht 8)
	48 Stunden	IV—III	6	(also nicht 7)
Carina :	—	II—III	5	
	24 Stunden	III—IV	5	(also nicht 7)
Mediterranean. . .	—	O, selten II oder III	1, selten 6	
	48 Stunden	II, selten IV oder O	Im Mittel 1, 6	(also nicht etwa 5)
Roter Tiroler Spelz	—	I	2—3	
	24 Stunden	II—III	4	(also nicht 5)
	48 Stunden	III—IV	5	(also nicht 7)

c) Narkosewirkung auf „frisch beimpfte“ Weizenpflanzen.

(Narkose unmittelbar nach der Impfung.)

In den Versuchen dieses Abschnittes kam die Narkosebehandlung unmittelbar nach dem Aufbringen der Sporen zur Durchführung. Eine solche Behandlung hat natürlich nur Aussicht auf Erfolg, wenn die Narkose keine schädlichen Nebenwirkungen auf die Keimfähigkeit der Sporen ausübt. Bereits Minkevičius (24) hat nachgewiesen, daß Chloroform das Infektionsvermögen narkotisierter Sporen von *Uromyces appendiculatus* nicht ungünstig beeinflusst, auch wenn es in stärkeren Gaben zur Anwendung kommt. In Übereinstimmung hiermit konnte von uns auch bei *Uredo triticea* keine schädliche Einwirkung des Chloroforms auf das Keimverhalten der Sporen beobachtet werden; im Gegenteil zeigte sich eher eine gewisse Keimungsförderung.

Ganz anders wirkte sich dagegen die Ätherisierung aus; bei der von uns meist gewählten Konzentration von 2 ccm Äther auf 25 Liter Luftraum waren nach 24stündiger Einwirkung sämtliche auf einer dünnen Agarschicht aufgestäubte Sporen ungekeimt und zeigten auch späterhin nicht die Spur einer Keimung, wenn sie im Anschluß an die Narkose in eine ätherfreie feuchte Kammer gebracht wurden. Diese Feststellung steht im Widerspruch zu der Angabe von Volk (33), wonach die Keimung von Rostsporen (*Puccinia dispersa*) durch eine Narkose mit Schwefeläther nicht schädlich beeinflusst wird.

Wir haben auf Grund unserer eigenen Beobachtungen von Versuchen mit Äther abgesehen und für die Versuche mit „frisch beimpften“ Pflanzen nur Chloroformnarkose verwendet (Tabelle 6).

Die Wirkung der Chloroformnarkose auf die Wirtspflanze ist die gleiche wie in den früheren Versuchen. Ebenso liegen in der Beeinflussung des Infektionstypus keine Unterschiede gegenüber den früheren Feststellungen vor: bei Sorten mit maximalem Infektionstypus keine Änderung,

Tabelle 6.

Beeinflussung von Wuchsbild, Infektionstypus und Befallsstärke verschiedener Weizensorten durch Chloroformnarkose.

Narkose: Sofort nach Impfung der Versuchspflanzen. Rost: *Puccinia triticea*, Rasse 14.

Weizensorte	Chloroformnarkose		Wachstum und Aussehen der Pflanz	Infektionstypus	Befallsstärke
	Menge je 25 Liter cem	Dauer Tage			
Strubes Dickkopf	—	—	Normal	IV	8
	0,5	1	Dunkle Blattfarbe, Wuchshemmung	IV	8
		2	Dunkle Blattfarbe, Wuchshemmung	IV—III	8
		3	Dunkle Blattfarbe, Blätter stark gestaucht und schlappend	III—IV	6
		3	Dunkle Blattfarbe, Blätter stark gestaucht und schlappend	III—IV	6
	0,75	1	Dunkle Blattfarbe, Wuchshemmung	IV	6
		2	Dunkle Blattfarbe, Wuchshemmung, Blätter schlappend	IV	4
		3	Starke Schädigungen, viel Chlorosen und Nekrosen, zweite Blätter tot	0	0
	1,0	1	Stärkste Wuchshemmung, fast nur das erste Blatt vorhanden, dieses von tief dunkelgrüner Farbe	IV	3
		2	Pflanzen tot	—	—
		3	Pflanzen tot	—	—
Berkners (ontinental	—	—	Normal	IV—III	8
	0,5	1	Pflanzen dunkler als Kontrollen, schwach gestaucht	IV	8
		2	Pflanzen dunkler als Kontrollen, schwach gestaucht	IV—III	6
		3	Sehr starke Wuchshemmung, zweite Blätter chlorotisch	IV—III	5
		3	Sehr starke Wuchshemmung, zweite Blätter chlorotisch	IV—III	5
	0,75	1	Pflanzen dunkelgrün, gestaucht	IV—III	6
		2	Sehr starke Wuchshemmung, zweite Blätter kaum entwickelt	IV—III	5
		3	Schädigungen, zweite Blätter tot	IV—III	4
	1,0	1	Starke Wuchshemmungen	IV—III	5
		2	Schädigungen, zweite Blätter tot	IV—III	4
		3	Pflanzen tot	—	—

Weizensorte	Chloroformnarkose		Wachstum und Aussehen der Pflanzen	Infektionstypus	Befallsstärke
	Menge je 25 Liter ccm	Dauer Tage			
v. Rümkers früher Sommer-Dickkopf	—	—	Normal	III	6
	0,5	1	Wuchshemmung, dunkler grün als Kontrollen	IV	5
		2	Stark gestaucht	IV	5
		3	Stark gestaucht und schlappend	III	4
	0,75	1	Stark gestaucht	III	5
		2	Sehr stark gestaucht	III	4
		3	Meist tot	—	—
	1,0	1	Sehr stark gestaucht, tief dunkelgrün, zweite Blätter häufig tot	III	3
		2	Meist tot	—	—
		3	Tot	—	—

bei nicht maximalem Typus eine Erhöhung. Versuche mit resistenten Sorten kamen nicht zur Durchführung.

Dagegen finden wir bei den „frisch beimpften“ Pflanzen eine andersartige Beeinflussung der Befallsstärke. Diese wurde bei Narkotisierung nach dem Einwachsen der Keimschläuche meist erhöht, wobei der Grad der Erhöhung allerdings häufig nicht der bei hohen Infektionstypen zu erwartenden Befallsstärke entsprach. Die Befallsstärke wird, wie die Versuche des nächsten Abschnittes zeigen, gleichfalls erhöht, wenn die Chloroformierung vor der Beimpfung vorgenommen wird. Demgegenüber ist bei der Chloroformnarkose „frisch beimpfter“ Pflanzen mit zunehmender Begasung eine deutliche Minderung der Befallsstärke zu beobachten.

Die Deutung dieser Erscheinung ist schwierig. Da die Befallsminde- rung nur dann eintritt, wenn die Narkosebehandlung in eine Zeit verlegt wird, während der die Keimung der Sporen und das Eindringen der Keim- schläuche in die Blätter abgeschlossen sein müssen, läßt sie sich nur mit Störungen des primären Infektionsvorganges erklären. Eine störende Ein- wirkung des Chloroforms auf die stomatäre Apertur kann in diesem Fall nicht zur Erklärung herangezogen werden; denn nach Caldwell und Stone (7) stellen geschlossene Stomata kein wirksames Hindernis für *Puccinia triticina* dar. Ebenso scheidet, wie erwähnt, die Annahme von Keimungshemmungen vollkommen aus; die Sporen keimen in der Chloro- formatmosphäre binnen 24 Stunden vollzählig und anscheinend ganz normal. Wir müssen somit zu der Annahme greifen, daß in Analogie zu den bekannten Lähmungserscheinungen narkotisierter Organismen die Orientierungsbewegungen, die Appressorienbildung oder ähnliche Funk-

tionen der Keimschläuche durch das Chloroform störend beeinflußt werden, wenn wir nicht gerade die bislang allerdings ebenfalls unbewiesene Annahme machen wollen, daß sich die Gewebe der Wirtspflanze im Narkosezustande dem eindringenden Pilze gegenüber anders verhalten als normale Zellen.

d) Narkosebehandlung der Weizenpflanzen vor der Impfung.

Die Versuche unterscheiden sich von denen der vorstehenden Abschnitte vor allem dadurch, daß die Narkosebehandlung 24 Stunden vor dem Aufbringen der Sporen vorgenommen wurde; außerdem wurden die

Tabelle 7.

Beeinflussung von Wuchsform, Infektionstypus und Befallsstärke von zwei Weizensorten durch eine 24-stündige Narkosebehandlung vor der Impfung.

Rost: *Puccinia triticina*, Rasse 14.

Pflanzen während der Narkose teils in Tageslicht, teils in Dunkelheit gehalten.

Weizensorte	Be- lichtung	Nar- kotikum	Menge je 25 Liter cem	Wachstum und Aussehen der Pflanzen	Infektions- typus	Befalls- stärke
v. Rümkers früher Sommer- Dickkopf	Tages- licht	—	—	Normal	III	6
		Äther	2,0	Normal	III	6
			5,0	Normal	III	6
		Chloro- form	0,5	Stark gestaucht, dunkelgrün, Entwick- lung-beschleunigung	IV—III	7
			1,0	Starke Wachstumsheimmung, dunkel- grün, Folgeblätter häufig tot	IV—III	7
	Dunkel- heit	—	—	Normal	III	6
		Äther	2,0	Normal	III	6
			5,0	Normal	III	6
		Chloro- form	0,5	Sehr stark gestaucht, tiefgrün, be- schleunigte Blattentwicklung, zu- weilen Schäden in der Wuchszone	IV—III	7
			1,0	Fast alle Pflanzen tot	—	—
Mediterranean	Tages- licht	—	—	Normal	0, selten II oder III—IV	Im Mittel 1,4
		Äther	2,0	Normal, vereinzelt leichte Randnekrosen	0, selten II	Im Mittel 1,6
		Chloro- form	0,5	Leichte Wuchshemmung	0, selten I oder IV	Im Mittel 1,7
	Dunkel- heit	—	—	Normal	0, selten IV	Im Mittel 0,8
		Äther	2,0	Normal	0, selten IV	Im Mittel 0,5
		Chloro- form	0,5	Gedrungenener Wuchs, beschleunigte Blattentwicklung	II—III, selten III oder IV	Im Mittel 5,4

Pflanzen während der Narkotisierung sowohl wie bisher in Tageslicht, teils aber unter völliger Abdunkelung gehalten (Tabelle 7).

Äther- und Chloroformbegasung wirken wieder verschieden, auch liegen deutliche Unterschiede der Narkosebehandlung in Licht und Dunkelheit vor.

Wirkung der Äthernarkose.

Die Ätherisierung übt höchstens einen schwachen Einfluß aus; sowohl Wachstum und Aussehen der Pflanzen wie auch Infektionstypus und Befallsstärke bleiben im allgemeinen unverändert. Zwischen Begasung in Licht und Dunkelheit liegen ebenfalls keine Unterschiede vor.

Wirkung der Chloroformnarkose.

Die Wirkung der Chloroformbegasung wird durch Dunkelheit während der Narkose stark gesteigert; es äußert sich dies sowohl in den Wirkungen auf die Nährpflanze wie aber auch in der Beeinflussung des Infektionstypus und der Befallsstärke.

Die Pflanzen zeigen mit zunehmender Narkosewirkung wieder die charakteristische Dunkelfärbung und ein gestauchtes Wachstum bei gleichzeitig beschleunigter Entwicklung der Folgeblätter. Eine Begasung mit 1 ccm auf 25 Liter Luft tötet die Versuchspflanzen ab, wenn die Narkose in Dunkelheit gegeben wird.

Der Infektionstypus wird durch die Chloroformierung erhöht, bei v. Rümkers Sommer-Dickkopf von III auf fast IV, bei Mediterranean durch Narkotisierung in Dunkelheit in noch auffallenderer Weise: unbehandelt zeigten von 19 Pflanzen 17 den Typus 0, 2 den Typus IV; behandelt hatten von 17 Pflanzen 12 den Typus II—III, 5 Typus III und 1 Typus IV. Die Erhöhung des Infektionstypus geht den äußerlich sichtbaren Veränderungen der Versuchspflanzen insoweit parallel, als sie nur bei solchen Narkosebedingungen vorliegt, die Aussehen und Wachstum der Pflanzen sichtbar zu beeinflussen vermögen.

Die Befallsstärke wird in gleicher Richtung beeinflußt wie der Infektionstypus, also durch eine geeignete Chloroformbehandlung ebenfalls erhöht.

Ein Vergleich mit den Versuchen des Abschnittes 3 b zeigt, daß zwischen Chloroformbehandlung vor dem Aufbringen der Sporen und Chloroformnarkose nach dem Eindringen der Keimschläuche in die Pflanzen keine grundsätzlichen Verschiedenheiten bestehen. Damit erscheint bewiesen, daß die Wirkungen der Chloroformnarkose auf Infektionstypus und Befallsstärke — von der Chloroformierung „frisch beimpfter“ Pflanzen abgesehen — nicht auf einer Beeinflussung des Rostpilzes beruhen, sondern sich auf dem Umwege über Veränderungen der Nährpflanze als Folge der Narkosebehandlung vollziehen.

4. Versuche mit anderen Rostarten.

Das nach Infektion mit je einer Rasse von *Puccinia glumarum*, *Puccinia graminis* und *Puccinia coronata* auf den zu den Versuchen herangezogenen Weizen- bzw. Hafersorten normalerweise zutage tretende Rostbild geht aus der folgenden Tabelle 8 hervor. Danach sind sowohl bei Gelbrost wie bei Schwarzrost Getreidesorten verschiedenen Infektionsverhaltens benutzt, während bei Kronenrost drei Hafersorten gleicher Anfälligkeit geprüft wurden.

Tabelle 8.

Getreidesorten und Rostbild in den Versuchen mit
Puccinia glumarum, *Puccinia graminis* und *Puccinia coronata*.

Rostart und -rasse	Weizen- bzw. Hafersorte	Infektionstypus	Befallsstärke
<i>Puccinia glumarum</i> Rasse 9	Heines Kolben-Sommerweizen	IV	7
	Webster	III—IV	8
	P. S. G. Hertha	i—O, selten III	O, selten 6
	Vilmorin 23	O—I	1
	Strubes Dickkopf	O	0
	Spaldings prolific	i—O	0
<i>Puccinia graminis</i> Rasse 79	Marquis	IV	8
	Weißer Kolbendinkel	II—III, selten O	4
	Jägers Albweizen	O—II	2
	Siebenbürger Landweizen	O, selten I oder II	O, selten 2 oder 4
	Reliance	i—O	0
<i>Puccinia coronata</i> Rasse 59	Bri-Hafer	III	6
	Brünings Winterhafer	III	6
	Green Mountain	III	6

Die Wirkung der Narkosebehandlung auf Wachstum und Aussehen der Getreidepflanzen soll zusammengefaßt besprochen werden, wobei auf die später folgenden Tabellen 9 und 10 verwiesen wird.

Die Weizensorten zeigten das gleiche Bild wie in den früheren Versuchen; die Ätherbehandlung bewirkt, abgesehen von dem Auftreten von Nekrosen und Chlorosen, keine Veränderungen der Pflanzen. Nach Chloroformnarkose finden wir wieder als besondere Wirkungen Stauchung des Wuchses bei oft gleichzeitiger Beschleunigung in der Entwicklung der Folgeblätter, weiter vor allem vielfach dunkelgrüne Färbung der behandelten Pflanzen und schließlich einen je nach Sorte und Begasung verschiedenen Umfang von Schädigungserscheinungen vor allem der zweiten Blätter.

Die Haferpflanzen zeigten sich gegen Narkose empfindlicher als Weizen. Bereits eine 24stündige Begasung mit 2 ccm Äther führte zu schweren nekrotischen Schäden der beimpften Blätter; bei einer Begasungsmenge von 1 ccm auf 25 Liter waren jedoch auch auf Hafer keine Schädigungen festzustellen.

Die Chloroformbehandlung (0,5 ccm auf 25 Liter, Dauer 1--2 Tage, diffuses Tageslicht) löste auch bei Hafer eine charakteristische Dunkelgrün-Färbung der behandelten Pflanzen aus. Die höhere Empfindlichkeit des Hafers trat besonders in den Versuchen mit 48stündiger Begasung

Tabelle 9.

Beeinflussung von Wuchsbild, Infektionstypus und Befallsstärke bei verschiedenen Weizensorten durch Narkosebehandlung.

Narkose: 2 Tage nach Beimpfung. Dauer der Narkosebehandlung: 24 Stunden.

Rost: *Puccinia glumarum*, Rasse 9.

Durchschnittliche Temperatur morgens 14,2° C; mittags 17,8° C; abends 15,2° C.

Maximum: 19,2° C; Minimum: 12,7° C.

Weizensorte	Narkotikum	Menge je 25 Liter ccm	Wachstum und Aussehen der Pflanzen	Infektions- typus	Befalls- stärke
Heines Kolben Sommerweizen	—	—	Normal	IV	8
	Äther	2,0	Normal, häufig Randnekrosen	IV	7
	Chloroform	0,5	Sehr stark gestaucht, blaugrün	IV	6
Webster	—	—	Normal	IV	8
	Äther	2,0	Normal, zuweilen nekrotische Zonen	III	6
	Chloroform	0,5	Gestaucht, Blattfarbe normal	IV	6
Vilmorin 23	—	—	Normal, Nekrosen und Chlorosen auf der Infektionszone	0, selten I	0, selten 1
	Äther	2,0	Normal, Nekrosen und Chlorosen auf der Infektionszone stärker als bei der Kontrolle	0, selten I	0, selten 1
	Chloroform	0,5	Gestaucht, gleichzeitig schwache Entwicklungsbeschleunigung, dunkelgrün	III, selten 0	4, selten 0
Strubes Dickkopf	—	—	Normal, zuweilen Chlorosen auf der Infektionszone	0, selten i	0
	Äther	2,0	Normal, aber außerdem Chlorosen auf der Infektionszone Spitzennekrosen des zweiten Blattes sowie Randnekrosen	0	0
	Chloroform	0,5	Gestaucht, gleichzeitig Entwicklungsbeschleunigung	0 oder i	0
P. S. G. Hertha	—	—	Normal, zuweilen Chlorosen der Infektionszone	i—0, selten III	0, selten 6
	Äther	2,0	Normal, aber starke Chlorosen und Nekrosen auf der Infektionszone	0, selten I II	0, selten 3
	Chloroform	0,5	Stark gestaucht, dunkelgrün, zweite Blätter ganz kurz	Meist III, weniger i—0	Meist 5, weniger 0
Spaldings prolific	—	—	Normal	i	0
	Äther	2,0	Normal	0 oder i	0
	Chloroform	0,5	Gestaucht, trotz starker Schäden Entwicklungsbeschleunigung. Außerhalb der chlorotisch verfärbten Impffläche dunkelgrün	0	0

zutage, die ein Absterben der Pflanzen mit Ausnahme der Primärblätter zur Folge hatte.

Puccinia glumarum.

Die Hauptversuche sind in Tabelle 9 zusammengestellt; bei der hohen Bedeutung, die erfahrungsgemäß die Temperatur für das Rostbild bei Gelbrost hat, sind die angewendeten Temperaturen am Kopf der Tabelle kurz aufgeführt. Die Narkosebehandlung erfolgte zwei Tage nach Beimpfung der Pflanzen, also nach dem Eindringen der Keimschläuche in das Blattinnere. Die Dauer der Narkosisierung betrug übereinstimmend 24 Stunden.

Die Ätherbehandlung beeinflusst den Infektionstypus meist nicht; nur bei Webster sehen wir eine Herabdrückung von IV auf III. Die Befallsstärke bleibt bei den resistenten Sorten unverändert, bei den anfälligen wird sie etwas herabgesetzt.

Chloroformnarkose wirkt auf den Infektionstypus von *Puccinia glumarum* in ähnlicher Weise wie in den früheren Braunrostversuchen. Bei anfälligen Sorten bleibt der maximale Typus IV erhalten; bei resistenten Sorten kommt es mehrfach (Vilmorin 23, P.S.G. Hertha) zu auffallenden Steigerungen des Infektionstypus bzw. zu einer starken Zunahme der Pflanzen mit höherem Typus. Dagegen wird der Infektionstypus 0—*i* bei Strubes Dickkopf nicht verändert; bei dem immunen Spaldings prolific tritt statt *i* nach Chloroformnarkose 0 auf, was wohl als eine eindeutige Verschiebung nach der anfälligen Seite gedeutet werden kann.

Die Befallsstärke weist nach Chloroformnarkose ein wechselndes Verhalten auf. Die anfälligen Sorten (Heines Kolben, Webster) zeigen eine eindeutige, wenn auch nicht sehr starke Herabsetzung; während die unbehandelten Pflanzen auf der ganzen Blattfläche regelmäßigen Pustelausbruch haben, ist bei den chloroformierten eine viel kürzere Zone mit Pusteln besetzt, so daß der Befallsgrad statt mit 8 nur mit 6 angesprochen wurde. Andererseits zeigen die resistenten Sorten eine Zunahme der Befallsstärke, die mit der größeren Zahl von Pflanzen mit höherem Infektionstypus im Zusammenhang steht. Allerdings verläuft diese Steigerung dem Infektionstypus nicht genau parallel, indem z. B. bei Vilmorin ein Pustelausbruch vorliegt, der schwächer ist, als wir ihn sonst bei Infektionstypus III zu beobachten pflegen.

Puccinia graminis.

Auch in den mit Schwarzrost durchgeführten Versuchen wurde die Narkose erst vorgenommen, nachdem die Pflanzen zwei Tage nach der Impfung unter Glocken gehalten waren (Tabelle 10).

Die Ätherbehandlung beeinflusst den Infektionstypus nur sehr schwach, soweit überhaupt eine Wirkung vorliegt. Bei Marquis kommt es zu einer unbedeutenden Abschwächung; dagegen kann es schon zweifelhaft sein, ob wir bei dem Weißen Kolbendinkel den etwas höheren Prozentsatz von Pflanzen mit resistenter Infektionstypus in gleichem Sinne

Tabelle 10.

Beeinflussung von Wuchsbild, Infektionstypus und Befallsstärke bei verschiedenen Weizensorten durch Narkosebehandlung.

Narkose: 2 Tage nach Beimpfung. Rost: *Puccinia graminis*, Rasse 79.

Weizensorte	Narkotikum	Menge je 25 Liter ccm	Dauer, Tage	Wachstum und Aussehen der Pflanzen	Infektions- typus	Befalls- stärke
Marquis	—	—	—	Normal	IV	8
	Äther	2,0	1	Normal	IV	8
		2,0	2	Zonale Nekrosen, auch auf ungeimpften Blättern. Sonst normal	III—IV	4
	Chloroform	0,5	1	Etwas gestaucht	III—IV	6
		0,5	2	Etwas gestaucht	III	6
Weißer Kolbendinkel	—	—	—	Normal	III oder II, selten 0	Im Mittel 4
	Äther	2,0	2	Normal	0 oder II oder III	Im Mittel 2,7
	Chloroform	0,5	2	Dunkelgrün, jüngere Blätter sehr stark geschädigt	einheitlich III	7—8
Jägers Albweizen	—	—	—	Normal	0 oder II	Im Mittel 2
	Äther	2,0	2	Normal	0 oder II, selten III	Im Mittel 2,2
	Chloroform	0,5	2	Wuchshemmung der zweiten Blätter	einheitlich III	7
Siebenbürger Landweizen	—	—	—	Normal	0, selten I oder II	Im Mittel 0,2
	Äther	2,0	2	Normal	0, selten I	Im Mittel 0,3
	Chloroform	0,5	2	Starke Schädigung der zweiten Blätter	0 oder I, selten II oder III	Im Mittel 1,1
Reliance	—	—	—	Normal	i, selten 0 oder I	0, selten 2
	Äther	2,0	1	Normal	0	0
		2,0	2	Normal	0, selten I	0, selten 2
	Chloroform	0,5	1	Etwas gestaucht	i oder 0, selten I oder III	0, selten 2 oder 6
		0,5	2	Etwas gestaucht	i, selten 0	0

deuten dürfen. — Der Befallsgrad wird im allgemeinen ebenfalls nur unbedeutend beeinflußt; nur Marquis zeigt eine wesentliche Herabsetzung.

Dagegen wird das Rostbild durch Chloroformnarkose stärker verschoben. Bei dem hoch anfälligen Marquis kommt es zu einer nicht starken, aber eindeutigen Herabsetzung des Infektionstypus. Dieser wird anderseits bei resistenten Sorten, so vor allem bei Jägers Albweizen, aber auch bei Weißem Kolbendinkel, vielleicht auch etwas bei Siebenbürger Landweizen, nach der anfälligen Seite verschoben. Nur bei dem nahezu immunen Reliance wird er nicht verändert.

Die Änderungen der Befallsstärke durch Chloroformnarkose stimmen mit dem Bilde des Infektionstypus überein: bei dem anfälligen Marquis sehen wir Herabsetzung, bei den resistenten Sorten Erhöhung des Befallsgrades.

Im großen und ganzen gehen also die mit *Puccinia graminis* gemachten Beobachtungen den mit *Puccinia triticea* bei gleicher Versuchsdurchführung gewonnenen Erfahrungen parallel. Eine Ausnahme bildet jedoch die bei Marquis nach Chloroformnarkose beobachtete Herabsetzung des Infektionstypus. Ein weiterer Unterschied liegt noch insoweit vor, als bei Schwarzrost die Steigerung des Befallsgrades in ausgesprochener Parallele zur Erhöhung des Infektionstypus steht, während bei *Puccinia triticea* die Steigerung der Befallsstärke oft hinter dem verbesserten Infektionstypus zurückbleibt.

Puccinia coronata.

Auch in den Versuchen mit Kronenrost sind „frisch infizierte“ Pflanzen begast (zwei Tage nach der Beimpfung): Äther 1, 2, 5 ccm, Chloroform 0,5 ccm auf 25 Liter Luftraum während 24 und 48 Stunden in diffusum Tageslicht.

Von der Wiedergabe der Ergebnisse kann abgesehen werden, weil die bereits erwähnten starken Schädigungen der Versuchspflanzen das Rostbild überaus störend beeinflussen. Wie weiter oben ausgeführt, lagen bereits bei einer Begasung mit nur 2 ccm Äther für 24 Stunden sehr starke Schädigungen vor, so daß sich über die Beeinflussung des Rostbildes nichts aussagen läßt. Entsprechende Begasung mit nur 1 ccm Äther ließ wohl keine Schädigungen mehr, aber auch keine Beeinflussung des Rostbildes hervortreten.

Die einzige, allerdings nicht unwichtige Beobachtung besteht in der Feststellung, daß eine Chloroformnarkose trotz der auch hier vorliegenden starken Schädigungen der Pflanzen den Infektionstypus nach der anfälligen Seite verschiebt. Er ist auf den dunkelgrünen Blättern deutlich III—IV statt normalerweise III. Damit ergibt sich auch für *Puccinia coronata* eine Übereinstimmung der Chloroformwirkung mit den sich auf andere Rostarten beziehenden Feststellungen.

5. Besprechung der Ergebnisse.

a) Infektionstypus und Befallsstärke als Maßstab für Anfälligkeitsverschiebungen.

In unseren bisherigen Ausführungen haben wir es absichtlich vermieden, die Änderungen des Rostbildes durch Narkosebehandlung als Beeinflussung des Anfälligkeitsverhaltens der Pflanzen zu bezeichnen; wir haben nur von Änderungen des Infektionstypus bzw. der Befallsstärke gesprochen. Wir sind also dem Vorbilde von Volk (33) und Minkevičius (24) nicht gefolgt, die eine Herabsetzung der Befallsstärke ohne weiteres mit Minderung der Anfälligkeit identifizieren; wir konnten das schon deshalb nicht tun, weil Befallsstärke wie auch Infektionstypus wohl in vielen Fällen, aber nicht immer parallel gehen.

Während in den älteren Arbeiten über Getreideroste, vor allem in der überwiegenden Anzahl aller Untersuchungen, die sich mit dem Rostverhalten im Felde befassen, die Befallsstärke als Maßstab des Resistenzverhaltens gilt, haben die modernen Untersuchungen über Rassenbildung der Rostpilze mehr und mehr den Infektionstypus als ausschlaggebend in den Vordergrund treten lassen. Seitdem ist der Infektionstypus mehrfach auch in solchen Fällen zur Charakterisierung der Anfälligkeit benutzt, in denen früher ausschließlich der Befallsgrad Verwendung gefunden hatte. Man vergleiche in dieser Hinsicht vor allem die älteren Arbeiten über die Beeinflussung der Rostanfälligkeit durch Düngung mit unseren eigenen Untersuchungen über dieses Problem (Gaßner und Hassebrauk, 15, 16).

Infektionstypus und Befallsstärke sind insoweit innerlich miteinander verbunden, als hoher Infektionstypus die Voraussetzung für starken Pustelausbruch bildet, was auch in der Definition der Infektionstypen seinen Ausdruck findet. Andererseits aber bedeutet hoher Infektionstypus nicht zwangsläufig starken Befall. Es geht das schon aus der Einführung der Zusatzsymbole zur Ziffer des Infektionstypus hervor. Um nur ein einziges Beispiel zu erwähnen, sei auf das Befallsbild der Sorten Arnautka und Kubanka verwiesen (Stakman and Levine, 29): Arnautka hat gegen Schwarzrostrasse 39 einen stärker als normalen Pustelausbruch (Typus IV+), Kubanka weist gegen die gleiche Rostrasse ebenfalls Typus IV auf, aber mit einem sehr geringen Befall (daher Typus IV =). Weiter treten auch bei Veränderungen der Umweltfaktoren Verschiebungen der Befallsstärke auf, die durchaus nicht von Änderungen des Infektionstypus begleitet zu sein brauchen, so durch extreme Bodentrockenheit bzw. -feuchtigkeit (Hassebrauk, 20) und vor allem auch bei Anwendung bestimmter Stoffe zur künstlichen „Immunisierung“ von Getreidepflanzen gegen Rost (Gaßner und Hassebrauk, 17; Hassebrauk, 21).

Wenn bei unverändertem Infektionstypus eine deutliche Herabsetzung des Pustelausbruches vorliegt, so stößt die Deutung dieser Erscheinung vom Standpunkt des Anfälligkeitsverhaltens auf Schwierigkeiten, denn der Infektionstypus scheint auf Konstanz, die Befallsstärke aber auf Änderung der Resistenz hinzuweisen. Auf jeden Fall kommen wir nicht um eine klare Beantwortung der Frage herum, in welcher Weise das Anfälligkeitsverhalten der Pflanzen beurteilt werden muß, wenn Infektionstypus und Befallsstärke ein ungleiches Verhalten zeigen.

Wir sind der Meinung, daß der Infektionstypus ein besonders sicheres Merkmal des Anfälligkeitsverhaltens darstellt; unsere heutigen Kenntnisse von der Rassenbildung der Rostpilze beruhen ja gerade auf der Benutzung des Infektionstypus als Maßstab für die Anfälligkeit der Testsorten. Daß der Infektionstypus sich auch für die Klärung anderer Fragen als charakteristisches Merkmal verwenden läßt, haben u. a. unsere früheren Untersuchungen über den Einfluß der Temperatur sowie über die Bedeutung der Mineralsalznahrung für die Rostanfälligkeit bewiesen (Gaßner und Straib, 18, 19; Gaßner und Hassebrauk, 15, 16 u. a. O.). Es liegt deshalb kein Grund vor, die in den Narkoseversuchen beobachteten Änderungen des Infektionstypus nicht als Beeinflussung des Resistenzverhaltens zu deuten.

Im Vergleich zum Infektionstypus stellt die Befallsstärke ein wesentlich labileres Merkmal dar; sie ist bereits durch einfache Änderungen der Versuchsdurchführung, wie Art der Impfung, Luftfeuchtigkeit u. a. leicht zu beeinflussen und besitzt schon aus diesem Grunde nicht die gleiche Beweiskraft wie der Infektionstypus. Zum mindesten erfordern Änderungen der Befallsstärke eine wesentlich vorsichtiger Beurteilung vom Standpunkt der Anfälligkeit. Selbstverständlich sollen und dürfen die Befunde der Befallsstärke nicht einfach vernachlässigt werden; wir müssen sie aber von Fall zu Fall und in ihren Beziehungen zum Infektionstypus prüfen, bevor wir die Frage entscheiden können, ob sie für die Beurteilung des Resistenzverhaltens wichtig oder unbrauchbar sind. Der von Volk (33) und Minkevičius (24) mit mehr oder minder großer Selbstverständlichkeit vorgenommenen Gleichsetzung von Befallsstärke und Anfälligkeitsverhalten vermögen wir uns also nicht anzuschließen, sondern wir werden im folgenden versuchen, die Befallsstärke zu den Änderungen des Infektionstypus als dem eigentlichen Maßstab des Anfälligkeitsverhaltens in Beziehung zu bringen.

b) Die Wirkung der Narkosebehandlung auf das Anfälligkeitsverhalten der Versuchspflanzen.

Im Sinne der Ausführungen des vorstehenden Abschnittes gehen wir bei der Beurteilung der Anfälligkeitsverschiebungen an erster Stelle von der Beeinflussung des Infektionstypus aus. Nach unseren früheren Unter-

suchungen (Gaßner und Hassebrauk, 15) ist der Infektionstypus verschieden anfälliger Sorten ungleich stark durch Außenfaktoren beeinflussbar; so reagieren auf Änderungen der Mineralsalzernährung Sorten mittlerer Resistenz bzw. mäßiger Anfälligkeit in dieser Hinsicht besonders stark. Wesentlich schwächer zeigt sich die Beeinflussung des Rostbildes hochanfälliger Sorten, während es bei hochresistenten und immunen Sorten meist nicht gelingt, den Infektionstypus feststellbar zu verschieben.

Auch in den Narkoseversuchen zeigten Sorten mittlerer Resistenz bei geeigneter Versuchsdurchführung deutliche und gesetzmäßige Änderungen des Infektionstypus. Hochanfällige Sorten erwiesen sich als ungeeignet. Dagegen konnten mehrfach bei hochresistenten Sorten starke Verschiebungen des Infektionstypus beobachtet werden; die Narkosebehandlung beeinflusst diese Sorten also stärker als die früher geprüfte Wirkung der Mineralsalzernährung.

Zwischen Äther- und Chloroformnarkose liegen so große Unterschiede vor, daß die Ergebnisse getrennt besprochen werden müssen. Dagegen ist es im Hinblick auf die weitgehende Übereinstimmung des Verhaltens der verschiedenen zu unseren Untersuchungen herangezogenen Rostarten im allgemeinen nicht nötig, diese für sich zu behandeln.

Wirkung der Äthernarkose.

Der Infektionstypus bleibt in der Mehrzahl der Fälle (31 von 40; siehe Tabellen 2, 3, 7, 9, 10) unverändert; in 6 Fällen ist eine Herabsetzung, in 2 Fällen eine Erhöhung des Typus angegeben, ein Versuch bleibt unentschieden.

Soweit eine Herabsetzung beobachtet wurde, ist aber die Deutung der Befunde unsicher; wie bereits bei der Darlegung der Versuche erwähnt ist, führt die Äthernarkose an sich schon leicht zu Blattnekrosen und damit zu einer Störung der Ablesungen. Unter solchen Verhältnissen läßt sich aus dem Auftreten von Blattverfärbungen aber nicht mehr mit Sicherheit auf eine tatsächliche Herabsetzung des Infektionstypus schließen.

Die Zahl der Fälle, in denen der Infektionstypus als unverändert angesprochen werden muß, ist also sicherlich größer als 31 von 40. Dieser Zahl gegenüber treten die beiden Fälle mit Erhöhung des Infektionstypus völlig zurück, zumal diese Steigerung nur unbedeutende Werte zeigt.

Aus dem Verhalten des Infektionstypus folgt, daß die Anfälligkeit der Versuchspflanzen durch die Äthernarkose nicht eindeutig beeinflusst wird und unverändert bleibt.

Die Befallsstärke folgt bei der Äthernarkose weitgehend dem Infektionstypus; sie ist in 25 von 40 Fällen unverändert und scheint in 12 Fällen herabgesetzt, in 2 Fällen erhöht. Unter den 12 Fällen mit herabgesetzter Befallsstärke befinden sich 6, bei denen der Infektionstypus unverändert geblieben ist. Für die Beurteilung des Anfälligkeitsverhaltens

erscheint jedoch auch dies, wie überhaupt die Heranziehung der Fälle mit herabgesetztem Befallsgrad, unwesentlich; denn in fast allen solchen Fällen finden wir die Angabe, daß Schädigungen der Blätter in Form von Nekrosen vorliegen. Es ist verständlich, daß die Verkleinerung der nutzbaren Blattfläche die Fruktifikation des auf lebendes Gewebe angewiesenen Rostpilzes verschlechtert, so daß wir schon aus diesem Grunde die Herabsetzung der Befallsstärke nicht als Änderung der Anfälligkeit deuten können.

Zusammenfassend können wir sagen, daß die Beeinflussung der Befallsstärke nicht im Widerspruch zu der an Hand des Infektionstypus gewonnenen Feststellung steht, wonach die Anfälligkeit von Getreidepflanzen gegen Rost durch Äthernarkose nicht oder nicht eindeutig verändert wird.

Wirkung der Chloroformnarkose.

Wir benutzen auch hier den Infektionstypus als Merkmal des Anfälligkeitsverhaltens. Es sei vorweg bemerkt, daß die Ergebnisse der in Tabelle 6 wiedergegebenen Versuche nicht mit berücksichtigt werden können, weil hier die Narkose in den eigentlichen Infektionsvorgang verlegt ist, so daß mit der Wahrscheinlichkeit von Störungen gerechnet werden muß. In allen anderen Versuchen hat die Narkosebehandlung entweder vor oder meist nach dem Eindringen der Keimschläuche in die Blätter stattgefunden.

In den Tabellen 2, 3, 7, 9 und 10 sind insgesamt 42 Narkoseversuche mit Chloroform angeführt. Von diesen müssen 2 wegen Abtötung der Versuchspflanzen ausgeschaltet werden; 23 brachten eine Steigerung des Infektionstypus, also eine Erhöhung der Anfälligkeit, 2 eine Herabsetzung, während in 15 Versuchen keine Änderung des Infektionstypus beobachtet wurde. Von diesen letzten brauchen 9 nicht berücksichtigt zu werden, weil hier von vornherein maximaler Infektionstypus vorlag, so daß eine Erhöhung der Anfälligkeit nicht mehr möglich war. So stellt sich die Bilanz der Versuche folgendermaßen dar:

23 Fälle: Steigerung der Anfälligkeit,

6 Fälle: indifferente Wirkung,

2 Fälle: Herabsetzung der Anfälligkeit.

Wir haben also in 23 von 31 Fällen eine eindeutige Verschiebung des Infektionstypus nach oben: die Chloroformnarkose hat in der überwiegenden Mehrzahl der Versuche die Anfälligkeit erhöht.

Zur besseren Übersichtlichkeit sind die Ergebnisse dieser 23 Versuche nochmals in Tabelle 11 zusammengestellt. Auf das hier ebenfalls mitgeteilte Verhalten der Befallsstärke soll erst weiter unten eingegangen werden (Tabelle 11).

Tabelle 11.

Zusammenstellung der Versuche, in denen eine Chloroformnarkose zur Erhöhung der Anfälligkeit führte.

Tabelle	Rostart	Infektionstypus		Befallsgrad	
		Kontrollen unbehandelt	nach Chloroformnarkose	Kontrollen unbehandelt	nach Chloroformnarkose
9 9	<i>glumarum</i> <i>glumarum</i>	<i>i</i> <i>i</i> —0, selten III	0 meist III, weniger <i>i</i> —0	0 0, selten 6	0 meist 5, weniger 0
3 9 7	<i>triticina</i> <i>glumarum</i> <i>triticina</i>	0, selten <i>i</i> 0, selten I 0, selten IV	I, selten 0 oder II III, selten 0 II—III, selten III oder IV	0 0, selten 1 Im Mittel 0,8	Im Mittel 1,7 4, selten 0 Im Mittel 5,4
2	<i>triticina</i>	0, selten II, III, III—IV	III, seltener IV oder 0	Im Mittel 1,6	Im Mittel 1,6
2	<i>triticina</i>	0, selten II, III, III—IV	III—IV	Im Mittel 1,6	7
10	<i>graminis</i>	0 oder II	einheitlich III	Im Mittel 2	7
3 3	<i>triticina</i> <i>triticina</i>	I, selten 0 oder II I, selten 0 oder II	II—III, selten I—0 II—III	Im Mittel 1,9 Im Mittel 1,9	Im Mittel 5,4 Im Mittel fast 6
3 3	<i>triticina</i> <i>triticina</i>	I I	II—III III—IV	2—3 2—3	4 5
2 2 2	<i>triticina</i> <i>triticina</i> <i>triticina</i>	II—III II—III II—III	III—II III III—IV	5 5 5	6 7 5
10 2 7 7 7 2 3 3	<i>graminis</i> <i>triticina</i> <i>triticina</i> <i>triticina</i> <i>triticina</i> <i>triticina</i> <i>triticina</i> <i>triticina</i>	III oder II, selten 0 III III III III III III—IV III—IV	einheitlich III IV—III IV—III IV—III IV—III IV IV IV	Im Mittel 4 6 6 6 6 6 8 8	7—8 6 7 7 7 6 8 8

Wir sehen deutlich, daß der Infektionstypus zum Teil sehr stark verändert wird. So bedeutet eine mehrfach festgestellte Erhöhung von 0 auf III oder von I auf III—IV eine auffallende Verschiebung nach oben; ebenso kann die Änderung des sonst besonders konstanten Typus *i* auf 0 als starke Beeinflussung gedeutet werden. Bei mäßig anfälligen Sorten ist die Erhöhung meist weniger auffällig, liegt jedoch auch hier mit Sicherheit außerhalb aller Versuchsfehler.

Die verhältnismäßig wenigen Fälle (6) mit indifferenter Wirkung der Chloroformnarkose bei nicht maximalem Infektionstypus der Kontrollen beziehen sich meist auf die Typen *i* bzw. 0; dazu kommt noch die Sorte Hussar mit Infektionstypus III gegen Braunrostrasse 14. Solchen

ganz vereinzelt negativen Befunden braucht wohl keine übertriebene Bedeutung beigelegt zu werden, zumal die Narkosewirkung auf die Nährpflanze nachweislich je nach Sorte verschieden ist.

Herabsetzung des Infektionstypus durch Chloroformnarkose wurde nur bei der Sorte Marquis nach Impfung mit Schwarzrostrasse 79 beobachtet. Eine Erklärung hierfür kann zur Zeit nicht gegeben werden.

Wenn wir von dieser letztgenannten Ausnahme absehen, wird also die Rostanfälligkeit durch Chloroformnarkose im allgemeinen deutlich, oft sogar auffallend gesteigert. Zu dieser Feststellung stehen die nunmehr noch zu besprechenden Änderungen der Befallsstärke nicht im Widerspruch, wenn wir sie von Fall zu Fall betrachten und die Nebenumstände entsprechend berücksichtigen.

Die Tabelle 11 enthält die Zusammenstellung aller Versuche mit Steigerung des Infektionstypus durch Chloroformnarkose. Wie die gleichzeitig gebrachten Angaben über die Befallsstärke zeigen, können wir in 16 von 23 Fällen mit der Erhöhung des Infektionstypus auch eine Steigerung des Befallsgrades als gleichsinnige Veränderung von Infektionstypus und Befallsstärke feststellen. Eine Herabsetzung des Befallsgrades bei Steigerung des Infektionstypus liegt nirgends vor, wohl aber bleibt der Befallsgrad in 7 Fällen unverändert, von denen aber nur in 4 Fällen eine Erhöhung der Befallsstärke möglich ist.

Es bestehen zwei Möglichkeiten zur Erklärung der Tatsache, daß unter Umständen das Ansteigen des Infektionstypus nicht von einer Erhöhung der Befallsstärke begleitet wird oder daß die Erhöhung der Befallsstärke der Steigerung des Infektionstypus quantitativ nicht entspricht; Fälle der letztgenannten Art haben wir früher in Tabelle 5 (S. 58) zusammengestellt.

Auf Grund unserer im nächsten Abschnitt gebrachten Feststellungen wäre es zunächst durchaus denkbar, daß sich die zur Steigerung der Anfälligkeit führenden, durch die Narkose bedingten Veränderungen im Stoffwechsel der Nährpflanze erst allmählich voll auswirken können. Es würde der erste Teil der Inkubationszeit somit noch in eine Periode nur schwach oder kaum gesteigerter Anfälligkeit fallen. Die Zahl der Infektionsstellen hängt aber weitgehend von dieser ersten Periode ab; so kann es kommen, daß die Erhöhung der Anfälligkeit, die erst durch Vorgänge in der zweiten Hälfte der Inkubationszeit bzw. in der Zeit zwischen Inkubation und Fruktifikation bedingt wird, auf die Zahl der Infektionsstellen und damit auf die Befallsstärke nicht mehr oder nicht mehr entsprechend zurückwirkt.

Eine weitere Erklärungsmöglichkeit liegt in den durch die Narkosebehandlung gleichzeitig ausgelösten Schädigungswirkungen. Daß solche die Befallsstärke störend beeinflussen, haben schon die früher besprochenen Versuche mit Äthernarkose eindeutig gezeigt, und es geht auch aus ent-

sprechenden Feststellungen von Minkevičius (24) hervor. Wie die in den vorstehenden Tabellen gebrachten Einzelheiten zeigen, haben wir auch in den Chloroformversuchen die Schädigungsgrenze deutlich überschritten. Dagegen können wir heute noch nicht sagen, in welcher Weise sich nun der Zusammenhang zwischen Schädigung und Minderung der Befallsstärke immer vollzieht. Es kann sein, daß auch bei der Chloroformnarkose, also in ähnlicher Weise wie bei der Ätherbehandlung, lokal stärkere Wirkungen vorliegen; ebenso ist es aber auch möglich, daß die akute Schädigung nur während und kurz nach der Narkose vorwiegt, und daß dann eine Erholung eintritt. In beiden Fällen kann es zu einer störenden Beeinflussung der Befallsstärke kommen, während der Infektionstypus anderen Gesetzmäßigkeiten folgt.

Es bleibt nunmehr nur noch die Besprechung derjenigen vereinzelter Fälle übrig, in denen Getreidesorten mit maximalem Infektionstypus IV nach einer Chloroformnarkose bei unverändert maximalem Typus eine Herabsetzung der Befallsstärke zeigen. Es sind dies nur 2 in Tabelle 9 enthaltene Fälle, da wir die mit „frisch beimpften“ Pflanzen durchgeführten Narkoseversuche (Tabelle 6) aus bereits erwähnten Gründen hier nicht mit berücksichtigen dürfen. Die Versuche von Tabelle 9 sind mit Gelbrost durchgeführt; die besonderen Wachstumsverhältnisse dieser Rostart lassen es ohne weiteres verständlich erscheinen, daß durch die Narkose möglicherweise bedingte lokale Schädigungen hier besonders stark auf die Befallsstärke zurückwirken, weil die flächenmäßige Ausbreitung des Myzels gestört werden muß. Auf keinen Fall kann gerade bei Gelbrost aus einer Herabsetzung der Befallsstärke auf eine Minderung der Anfälligkeit geschlossen werden, solange nur die Möglichkeit besteht, daß eine gleichzeitige Schädigung der Wirtspflanze den gleichen Effekt auszulösen vermag.

Wir fassen zusammen: Die kritische Auswertung unserer Beobachtungen über die Beeinflussung der Befallsstärke durch Chloroformnarkose führt zu dem Ergebnis, daß sich die Befallsstärke in der Mehrzahl der Fälle gleichsinnig mit dem Infektionstypus ändert. Gewisse Verschiedenheiten in dem Größenverhältnis dieser gleichsinnigen Änderungen, ebenso aber auch die wenigen Fälle, in denen bei gleichbleibendem Infektionstypus eine Herabsetzung der Befallsstärke beobachtet ist, stellen keinen Widerspruch zu der aus dem Verhalten des Infektionstypus gezogenen Schlußfolgerung dar, daß die Anfälligkeit der Getreidepflanzen gegen Rost durch Chloroformnarkose mehr oder minder stark gesteigert wird.

Wir müssen uns nunmehr noch kurz mit den wenigen in der Literatur vorhandenen Angaben über die Wirkung einer Narkosebehandlung auf den Rostbefall auseinandersetzen. Die Feststellungen von Stakman (27), die nach unseren obigen Bemerkungen (S. 48) allerdings nicht restlos be-

weisend sind, lassen sich, wenn man will, als Bestätigung unserer eigenen Beobachtungen deuten. Mit den tatsächlichen Ergebnissen der Versuche von Volk (33) und Minkevičius (24) können wir uns insoweit einverstanden erklären, als auch wir in bestimmten Fällen eine Herabsetzung der Befallsstärke durch Narkosebehandlung beobachten konnten. Wir schließen uns aber nicht der Auffassung dieser Autoren an, daß diese Feststellung auf eine Herabsetzung der Empfänglichkeit hindeutet. Vielmehr scheint uns die Verwendung von Versuchspflanzen mit maximalem Infektionstypus zur Klärung der Anfälligkeitsänderungen ungeeignet; Volk hat mit einer hochanfälligen Roggensorte, Minkevičius mit einer Bohnensorte gearbeitet, die „doch ziemlich stark von *Uromyces* befallen wurde“ (S. 133) und, wie die weiteren Versuchseinzelheiten zeigten, maximalen Infektionstypus aufwies. Einwandfreie Ergebnisse zur Frage der Anfälligkeitsverschiebungen lassen sich aus den Versuchen dieser Autoren daher ebensowenig erwarten wie aus unseren eigenen ebenfalls negativ verlaufenen Untersuchungen mit Getreidesorten, die gegenüber der verwendeten Rostrasse maximalen Infektionstypus zeigen.

6. Chlorophyllgehalt und Stickstoffhaushalt der narkotisierten Pflanzen.

Es ist bekannt, daß Entwicklung und Fruktifikation der Rostpilze weitgehend¹⁾ an eine normale Chlorophyllentwicklung gebunden sind (Gaßner und Appel, 11; u. a.). Die in den vorstehenden Versuchen mit Chloroformnarkose immer wieder gemachte Beobachtung, daß die durch höhere Rostanfälligkeit ausgezeichneten narkotisierten Pflanzen ein besonders tiefes Grün aufweisen, bleibt also durchaus im Rahmen unserer bisherigen Erkenntnisse.

Über die Beeinflussung des Chlorophyllgehaltes durch Narkose liegen in der Literatur bisher nur wenige, zum Teil sich widersprechende Angaben vor. Nach Téodoresco und Coupin (32) sowie nach Kauffmann (23) wird die Chlorophyllbildung durch die Einwirkung anaesthetisierender Stoffe unterbunden. Diese Beobachtungen lassen sich allerdings mit unseren eigenen entgegengesetzten Feststellungen nur schlecht in unmittelbaren Vergleich setzen, weil die erwähnten Autoren mit etiolierten Pflanzen und meist mit starken Begasungskonzentrationen gearbeitet

¹⁾ Auf die in dieser Hinsicht zwischen den einzelnen Rostarten vorliegenden Unterschiede soll hier nicht im einzelnen eingegangen werden. So ist seit langem bekannt, daß sich Uredolager von *Puccinia graminis* auch noch auf vergilbenden Halmteilen entwickeln können, während die Uredobildung anderer Getreiderostarten vollgrüne Pflanzenteile zur Voraussetzung hat. Andererseits ist auch bei Schwarzrost ein Zusammenhang zwischen Chlorophyllentwicklung und Infektion unverkennbar, da die Erzeugung von Rostpusteln auf etiolierten Blättern auf die gleichen Schwierigkeiten stößt wie bei den anderen Rostarten.

haben. Wohl aber ist neuerdings Mothes (25) in Versuchen mit *Phaseolus* zu Ergebnissen gekommen, die sich weitgehend mit unseren eigenen Feststellungen decken. Mothes stellt ebenfalls eine günstige Wirkung schwacher Chloroformgaben auf den Chlorophyllgehalt fest; die Blätter waren „schön grün, während die im Parallelversuch ohne Narkotika verwendeten oft gelbgrüne Farbe angenommen hatten, was schon äußerlich einen stärkeren Eiweißabbau andeutete“.

Um unsere Beobachtungen über die Beeinflussung des Chlorophyllgehaltes durch Narkose auf eine exakte Grundlage zu stellen, haben wir einige Chlorophyllbestimmungen vorgenommen, die wohl nur den Charakter orientierender Vorversuche haben, die aber doch für eine grundsätzliche Klärung ausreichend scheinen. Die Feststellung des Chlorophyllgehaltes erfolgte, wie von Gaßner und Goeze (14) angegeben, durch Untersuchung von Chlorophyllauszügen mit Hilfe des Pulfrich-Photometers unter Vorschaltung des Filters S 61. Der Chlorophyllgehalt ist als Extinktionskoeffizient der in gleicher Weise hergestellten Blattauszüge für 100 qcm Blattfläche berechnet.

Tabelle 12.

**Chlorophyllwerte von Weizenblättern (Mediterranean-Weizen)
ohne und nach Narkosebehandlung.**

Aussaat: 28. Juni.

Narkose: 8. Juli.

Chlorophyllbestimmung: 11. Juli.

Narkose	Extinktionskoeffizient k für 100 qcm Blattfläche
Unbehandelt (Kontrolle)	0,81
Äther (2 ccm/25 l) für 24 Stunden	0,76
Chloroform (0,5 ccm/25 l) für 24 Stunden	0,85

In der ersten Versuchsreihe (Tabelle 12) sehen wir eine schwache Steigerung des Chlorophyllgehaltes nach Chloroformnarkose; bei der Beurteilung des Versuchsergebnisses ist zu berücksichtigen, daß die Chlorophyllbestimmungen bereits drei Tage nach der Narkosebehandlung durchgeführt sind. Äthernarkose bewirkte keine Erhöhung, sondern eine Herabsetzung der Chlorophyllwerte, die sich ungezwungen mit den nach Ätherbehandlung häufig zu beobachtenden Nekroseerscheinungen und deren Beginn in Zusammenhang bringen läßt.

Ein klareres Bild geben die in Tabelle 13 zusammengestellten Versuche, in denen der Chlorophyllgehalt 3, 6, 10 und 15 Tage nach beendeter Narkose bestimmt wurde.

Tabelle 13.

**Chlorophyllwerte von Weizenblättern (v. Rümkers früher Sommer-Dickkopf)
ohne und nach Narkosebehandlung.**

Aussaat: 31. Januar.

Narkose: 10. Februar.

Chlorophyllbestimmung: 14., 17., 21. und 26. Februar.

Mittelwerte von je zwei gleichzeitigen Bestimmungen.

Narkose	Extinktionskoeffizient k für 100 qcm Blattfläche			
	Tage nach Narkose			
	3	6	10	15
Unbehandelt (Kontrolle)	1,33	1,15	1,16	1,09
Äther (2 ccm/25 l) für 24 Stunden	1,24	1,26	1,14	1,11
Chloroform (0,5 ccm 25 l) für 24 Stunden . .	1,33 ¹⁾	1,39	1,39	1,29

Die Chlorophyllwerte der unbehandelten und der ätherisierten Primärblätter sinken innerhalb der 15tägigen Versuchsdauer deutlich ab, was sich durch die gewählte Versuchsdurchführung erklärt. Die Versuchspflanzen waren in verhältnismäßig kleinen Bodenmengen angezogen, so daß während der Versuchsdauer ein gewisser Stickstoffmangel eintrat (vgl. Gaßner und Goeze, 14).

Im Gegensatz zu den unbehandelten und den ätherisierten Pflanzen zeigen die Primärblätter der mit Chloroform narkotisierten Pflanzen bis zum Ende der Versuche einen annähernd konstanten Chlorophyllgehalt; diese relative Steigerung des Chlorophyllgehaltes macht sich bereits nach sechs Tagen bemerkbar und wird mit zunehmender Versuchsdauer immer deutlicher. An der aus dem makroskopischen Bild geschlossenen Beeinflussung des Chlorophyllgehaltes durch Chloroformnarkose kann also kein Zweifel sein.

Auf den ursächlichen Zusammenhang zwischen Chloroformnarkose und Chlorophyllgehalt lassen sich aus den mitgeteilten Ergebnissen keine Schlüsse ziehen; wohl aber scheint es angebracht, die erhaltenen Befunde mit der Beeinflussung des Stickstoffhaushaltes durch Narkosebehandlung in Beziehung zu bringen. Nach den gleichzeitig durchgeführten Untersuchungen von Gaßner und Goeze (14) pflegen zwischen Chlorophyllgehalt und Stickstoffbilanz der Getreidepflanzen vielfach korrelative Beziehungen zu bestehen, so daß von vornherein anzunehmen war, daß nicht nur der Chlorophyllgehalt, sondern auch der Stickstoffhaushalt durch Chloroformnarkose eine Steigerung erfährt. Damit aber war die Möglichkeit gegeben, die Erhöhung der Anfälligkeit der mit Chloroform behandelten Pflanzen auf die gleiche Ursache zurückzuführen, die auch in anderen Fällen (Mineralsalzernährung, Temperaturwirkung) eine wich-

¹⁾ Nur eine Bestimmung.

tige, wenn auch in ihren letzten Zusammenhängen noch immer ungeklärte Rolle spielt.

Die Untersuchungen über die Beeinflussung des Stickstoffhaushaltes der Versuchspflanzen durch Narkosebehandlung sind durch den Fortgang des ersten der beiden Verfasser und seines Mitarbeiters Dr. Franke vorzeitig unterbrochen. So liegt hier nur eine eigene Versuchsreihe vor (Tabelle 14). Nachträglich hat dann auf unsere Bitte Herr Professor Dr. Hilpert zusammen mit Herrn Dr. Rossée noch eine Bestimmungsreihe durchgeführt, wofür wir auch hier unseren Dank sagen (Tabelle 15).

Als Bezugsgröße des Stickstoffgehaltes haben wir aus früher dargelegten Gründen (Gaßner und Franke, 12) das Frischgewicht gewählt und damit gleichzeitig auch dem Umstande Rechnung getragen, daß der auf die Frischgewichtseinheit bezogene Stickstoff- bzw. Eiweißgehalt das für die Ernährung des Rostpilzes ausschlaggebende Maß darstellen dürfte.

Tabelle 14.
Stickstoffhaushalt von Weizenblättern (Mediterranean-Weizen)
ohne und nach Narkosebehandlung.

Aussaat: 28. Juni.

Narkose: 8. Juli, diffuses Tageslicht.

N-Bestimmung: 11. Juli.

Narkosebehandlung	Stickstoffgehalt %, Frischgewicht			
	Gesamt-N	Eiweiß-N	Löslicher N	Eiweiß-N : Löslichem N
Unbehandelt (Kontrolle)	3,44	2,76	0,68	80 : 20
24 Stunden Äther 2 ccm/25 l . . .	3,94	3,09	0,85	78 : 22
24 Stunden Chloroform 0,5 ccm/25 l	4,25	3,33	0,92	78 : 22

Bei Beurteilung der in Tabelle 14 mitgeteilten Ergebnisse ist zu berücksichtigen, daß die N-Bestimmungen bereits 48 Stunden nach Abschluß der Narkosebehandlung durchgeführt sind. Die in der Stickstoffbilanz vorliegenden Unterschiede zeigen, daß sich die Narkosebehandlung aber doch schon in einem Anstieg der Stickstoffwerte ausgewirkt hat. Diese Erhöhung ist bei Chloroformnarkose besonders deutlich, jedoch auch bei Äthernarkose festzustellen. Das Verhältnis Eiweiß-N : löslichem N erfährt dabei keine wesentliche Änderung.

Die zweite uns zur Verfügung stehende Versuchsreihe mit wesentlich längeren Zeiten zwischen Narkose und Stickstoffbestimmung (Tabelle 15) läßt eine Erhöhung der N-Werte nur nach Chloroformnarkose zutage treten, während der Stickstoffgehalt der ätherisierten Blätter im Gegensatz zu den Feststellungen von Tabelle 14 unterhalb desjenigen der Kontrollpflanzen bleibt. Bei unbehandelten Pflanzen sinken die Stickstoffwerte mit zunehmender Versuchsdauer gleichmäßig ab, während ein solcher

Tabelle 15.

**Stickstoffhaushalt von Weizenblättern (Weizen Demokrat)
ohne und nach Narkosebehandlung.**

Aussaart: 13. Februar.

Narkose: 25. Februar.

N-Bestimmung: 2., 5. und 11. März, Mittelwerte von je 2 Bestimmungen.

Narkosebehandlung	N-Gehalt der Primärblätter in ‰ Frischgewicht		
	Tage nach Narkose		
	5	8	14 ¹⁾
Unbehandelt (Kontrolle).	5,4	5,0	4,4
24 Stunden Äther 2 ccm/25 l	4,8	4,8	3,8
24 Stunden Chloroform 0,5 ccm/25 l	5,4	5,7	4,9

Abfall bei chloroformierten Blättern erst bei der letzten Bestimmung (nach 14 Tagen) zu beobachten ist. Der Stickstoffgehalt der chloroformierten Blätter bleibt also auch bei längerer Versuchsdauer deutlich höher als derjenige der Kontrollpflanzen zur gleichen Zeit. Vergleichen wir die erhaltenen N-Werte mit der früheren Ermittlung des Chlorophyllgehaltes (Tabelle 13), so ergibt sich ein ausreichender Parallelismus zwischen Stickstoff- und Chlorophyllgehaltsänderungen als Folge einer Narkosebehandlung.

Die Frage nach der Wirkung der Chloroformnarkose, die uns hier wegen der eindeutigen Erhöhung der Rostanfälligkeit am meisten interessiert, ist also dahin zu beantworten, daß Stickstoff- und Chlorophyllgehalt eine deutliche Steigerung im Vergleich zu unbehandelten Blättern aufweisen. Die Beziehungen zwischen dem Gehalt an Stickstoff und Chlorophyll bewegen sich demnach in der gleichen Richtung, wie wir sie auch sonst beobachtet haben (Gaßner und Goeze, 14). Da in diesen früheren Untersuchungen über die Beeinflussung der beiden Faktoren durch die Mineralsalzernährung die Änderung der Stickstoffbilanz das primäre Moment darstellt, erscheint es berechtigt, auch in den Versuchen mit Chloroformnarkose die Erhöhung des Stickstoffgehaltes als die primäre Wirkung anzusprechen, die ihrerseits die Steigerung des Chlorophyllgehaltes zur Folge hat. Andererseits darf die Tatsache nicht vernachlässigt werden, daß die in Form von Wachstumshemmungen vorliegende morphologische Beeinflussung der narkotisierten Blätter ebenfalls auf die chemische Zusammensetzung zurückwirken dürfte, so daß die Verhältnisse möglicherweise komplizierter liegen als bei der Veränderung des Stoffwechselhaushaltes durch verschiedene Mineralsalzernährung. So sind wir also über das Zustandekommen der Narkosewirkung auf den Stickstoffhaushalt sehr unzulänglich unterrichtet. Auch Mothes (25) gibt keine

¹⁾ Nur je eine Bestimmung

restlose Erklärung, wenn er auf Grund seiner an anderen Objekten und bei anderer Versuchsanstellung gewonnenen Ergebnisse zu der Feststellung kommt, daß in chloroformierten Primärblättern von *Phaseolus* der Eiweißabbau „nicht so stark wie in nicht narkotisierten Blättern“ ist. Dieser Schluß läßt sich auch aus unseren vorstehenden Versuchen ziehen¹⁾.

7. Die Anfälligkeitsänderungen narkotisierter Pflanzen im Rahmen des Resistenz- und Immunitätsproblems.

a) Vorbemerkungen und Fragestellung.

1. Da in den vorstehenden Untersuchungen nur Chloroformnarkose die Anfälligkeit eindeutig verändert hat, sind den folgenden Besprechungen ausschließlich die mit chloroformierten Pflanzen erhaltenen Befunde als Narkosewirkungen zugrunde gelegt.

2. Eine Besprechung der Ergebnisse kann nur im allgemeinen Rahmen des Resistenzproblems erfolgen. Wir legen dabei in erster Linie die von Fischer und Gäumann (10) entwickelten Vorstellungen und die Ausführungen von Chester (8) zugrunde. Gleichzeitig müssen wir auf andere Arbeiten und vor allem auf unsere eigenen früheren Feststellungen und Betrachtungen zum Resistenzproblem zurückgreifen.

3. Soweit bisher durch Narkose bewirkte Anfälligkeitsverschiebungen in das Resistenzproblem einbezogen sind, werden sie als Beeinflussung der aktiven Faktoren der Widerstandsfähigkeit (Fischer und Gäumann, 10; S. 118) und als Beeinflussung der durch Wirkungen des Parasiten ausgelösten bzw. beeinträchtigten aktiven Abwehrreaktionen der Nährpflanze gedeutet (Chester, 8).

4. Durch den in den vorstehenden Untersuchungen erbrachten Nachweis, daß die Anfälligkeitssteigerungen durch Chloroformnarkose von einer Erhöhung des Stickstoffgehaltes (und dementsprechend des Chlorophyllgehaltes) begleitet sind, ergeben sich neue Gesichtspunkte zur Beurteilung der durch Narkosebehandlung induzierten Resistenzverschiebungen.

5. Diese Erkenntnis führt dazu, die Anfälligkeitsveränderungen durch Narkose mit anderen Resistenzänderungen (Einfluß von Mineralsalzernährung und Temperatur) in Verbindung zu bringen, die ebenfalls von gleichsinnigen Änderungen des Stickstoffhaushaltes begleitet sind.

6. So ergibt sich die Notwendigkeit, nicht nur das Zustandekommen solcher Resistenzverschiebungen, insbesondere die Abhängigkeit des Resi-

¹⁾ Nach Abschluß der vorliegenden Veröffentlichung erhielten wir Kenntnis einer Arbeit von H. Fischer (Untersuchungen über die Stickstoffwanderung in den höheren Pflanzen. Zeitschrift für Botanik **30**, 1936/37, 449). Fischer stellte gleichfalls, allerdings bei anderen Untersuchungsobjekten und bei abweichender Methodik, nach der Narkose ganzer Pflanzen mit Äther oder Chloroform in der Mehrzahl der Fälle eine Zunahme des Stickstoffgehaltes fest, ohne eine Erklärung dafür geben zu können.

stanzverhaltens vom Stickstoffhaushalt der Versuchspflanzen zusammenfassend zu behandeln, sondern vor allem auch der Frage näher zu treten, inwieweit solche mit dem Stickstoffhaushalt der Nährpflanze in offen-sichtlichem Zusammenhang stehenden Anfälligkeitsänderungen auf passive oder aber auf aktive Faktoren der Empfänglichkeit und Widerstands-fähigkeit (Fischer und Gäumann, S. 77 ff.) zurückzuführen sind.

b) Stickstoffhaushalt und Anfälligkeitsverhalten.

In unseren früheren Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Mineralsalzernährung und Rostverhalten haben wir unter Heranziehung einschlägiger Literaturangaben nachzuweisen versucht, daß die beobachteten Resistenzänderungen, insbesondere die Steigerung der Anfälligkeit durch Stickstoffdüngung und die Resistenzerhöhung durch Kaliumgaben auf entsprechende Verschiebungen des Stickstoffgehaltes, insbesondere des Eiweißgehaltes der Blätter zurückzuführen sind (Gaßner und Hassebrauk, 15; S. 604): „Wenn wir den Eiweißgehalt der Pflanzen mit ihrem Rostverhalten... in Vergleich setzen, so ergibt sich, daß diejenigen Außenbedingungen den stärksten Rostbefall bewirken, welche gleichzeitig einen hohen Gehalt an unlöslichen N-Verbindungen in den Versuchspflanzen zur Folge haben.“

Der endgültige Nachweis des engen Zusammenhanges von Stickstoffhaushalt und Anfälligkeitsverhalten bei Änderung der Mineralsalzernährung wurde durch anschließend durchgeführte chemische Untersuchungen erbracht (Gaßner und Franke, 12); von besonderer Wichtigkeit erscheint dabei die Feststellung, daß der rostfördernden Wirkung unzureichender Kaliumgaben tatsächlich eine Erhöhung der N-Werte (bezogen auf das Frischgewicht der Blätter) entspricht.

Einen weiteren Fall gleichsinniger Beziehungen von Stickstoffgehalt der Blätter und Rostanfälligkeit enthalten die Untersuchungen über die Einwirkung der Temperatur (Gaßner und Franke, 13). Bei Weizen bedeuten tiefe Temperaturen einerseits Erhöhung des Stickstoffgehaltes, anderseits, wie bereits früher nachgewiesen (Gaßner und Straib, 18, 19), Steigerung der Anfälligkeit gegen *Puccinia glumarum*, in bestimmten Fällen auch gegen *Puccinia triticea*, so daß also „der auffallenden Zunahme der Anfälligkeit eine starke Erhöhung des Eiweißgehaltes entspricht“ (Gaßner und Franke, 13, S. 326).

Wenn wir auf die eben erwähnten Feststellungen, zu denen als dritter Fall auf Grund der vorstehenden Untersuchungen die Narkosewirkung auf Rostverhalten und Stickstoffhaushalt kommt, nochmals kurz eingegangen sind, so hat das seinen Grund in einer unlängst erschienenen Arbeit von Johnson und Johnson (22), die einen Zusammenhang zwischen Stickstoffgehalt und Anfälligkeitsverhalten ablehnen, weil ältere

Gewebe trotz größerer Resistenz beträchtlich, zum Teil 100 % mehr organischen Stickstoff enthalten als wachsende junge Blatteile. Gegen diese Untersuchungen lassen sich aber gewichtige Bedenken erheben. Es erscheint kaum statthaft, Pflanzenteile ganz verschiedener Entwicklung in Vergleich zu setzen, zumal wenn als junge Pflanzenteile unentwickelte Blätter genommen werden, die aus den Blattscheiden herauspräpariert wurden. Ferner haben die erwähnten Autoren keine Stickstoff-Fraktionen bestimmt, ohne deren Kenntnis sich aber gerade bei Pflanzenteilen derart verschiedener Entwicklung überhaupt nichts sagen läßt. Weitere Bedenken liegen insoweit vor, als die Rostanfälligkeit unentwickelter junger Blatteile sich kaum eindeutig bestimmen läßt, da solche bis zur Beurteilung des Rostbildes ebenfalls zu älteren, zum mindesten zu voll entwickelten Blättern werden. Wir haben also keine Veranlassung, auf Grund der Feststellungen von Johnson und Johnson an dem Vorliegen der angeführten Beziehungen zwischen Stickstoffgehalt und Rostanfälligkeit zu zweifeln.

Auch die von uns früher bereits (Gaßner und Hassebrauk, 15, S. 601) erwähnte Tatsache, daß die Anfälligkeit gegen Schwarzrost mit zunehmender Temperatur, also bei sinkendem Eiweißgehalt, steigt, braucht keinen Widerspruch darzustellen. Aus den verschiedenartigsten Beobachtungen, so vor allem aus Keimversuchen der Sporen (Stock, 30) und aus der Unmöglichkeit einer Uredoüberwinterung dieser Rostart im gemäßigten Klima wissen wir, daß die Wärmeansprüche von *Puccinia graminis* wesentlich größer sind als die anderer Rostarten. In diesem Falle stellen also die Eigentümlichkeiten des Pilzes einen begrenzenden Faktor dar, der den Einfluß des Substrates bei unzureichender Temperatur nicht zur Auswirkung kommen läßt. Daß *Puccinia graminis* an sich, d. h. bei gleichmäßig optimalen Entwicklungsbedingungen für den Rostpilz, ebenfalls einen fördernden Einfluß der Erhöhung des Stickstoffgehaltes der befallenen Blätter zutage treten läßt, haben im übrigen unsere älteren Versuche mit verschiedener Mineralsalzernährung eindeutig ergeben (Gaßner und Hassebrauk, 15; S. 571).

So können wir also trotz vereinzelt zu beobachtender Unregelmäßigkeiten an der Richtigkeit der Feststellung nicht zweifeln, daß steigender Stickstoffgehalt der Blätter die Rostanfälligkeit erhöht. Um Mißverständnissen vorzubeugen, sei abschließend betont, daß diese Feststellung für Organe gleicher Entwicklung und nur für vergleichende Beobachtungen innerhalb derselben Getreidesorte gilt. Daß Beziehungen zwischen sortenspezifischer Anfälligkeit und Stickstoffwerten nicht bestehen, ist schon im Hinblick auf das ungleiche Verhalten derselben Sorte gegen verschiedene Rostarten und -rassen selbstverständlich und im übrigen auch experimentell im einzelnen nachgewiesen (Gaßner und Franke, 13).

c) Die Beeinflussung passiver und aktiver Resistenzfaktoren durch Änderungen des Stickstoffgehaltes der Nährpflanze.

In unseren ersten Untersuchungen haben wir uns bei der Besprechung der Versuchsergebnisse auf die kritische Zusammenstellung aller Momente beschränkt, aus denen sich auf das Vorliegen gesetzmäßiger Beziehungen zwischen Stickstoffgehalt, insbesondere Eiweißgehalt der Blätter und Rostanfälligkeit schließen läßt. Dagegen sind wir auf die kausale Erklärung dieses Zusammenhanges zunächst nicht eingegangen. Erst in einer späteren Arbeit (Gaßner und Franke, 13) ist ein Erklärungsversuch unternommen. Die ernährungsphysiologische Beeinflussung der Rostpilze durch steigenden oder fallenden Stickstoffgehalt der Wirtspflanze wurde dabei in den Vordergrund gestellt. Zu dem sortenspezifischen Rostverhalten wurden die durch Außenfaktoren ausgelösten Resistenzverschiebungen durch die Annahme in Beziehung gebracht, daß jede Rostrasse zu ihrer Ernährung das Vorhandensein „spezifischer“ Eiweißstoffe im Wirtsplasma verlangt, die ihrerseits mengenmäßig von dem variablen Faktor „Stickstoffgehalt der Blätter“ abhängen.

In diesem Erklärungsversuch wurde also ausschließlich ein passiver Faktor der Empfänglichkeit als ausschlaggebend angesprochen. Der Hauptgrund hierfür lag in der Tatsache, daß der Stickstoffgehalt der Blätter die Anfälligkeit gegenüber den verschiedenen Rostarten und -rassen stets im gleichen Sinne verschiebt. Wir können auch heute eine Beeinflussung des Rostbildes durch ernährungsphysiologische Faktoren als vorhanden annehmen; sie dürfte vor allem bei der Beurteilung des Myzelwachstums und der Intensität der Fruktifikation mit zu berücksichtigen sein. Dagegen scheint es nicht möglich, den Erscheinungskomplex der chlorotischen Verfärbungen und Nekrosen durch ernährungsphysiologische Verschiedenheiten der Wirtspflanzenzellen ausreichend zu erklären; hierin aber liegt nun einmal eine der Hauptfragen des Resistenz- und Immunitätsproblems, vor allem wenn wir das mikroskopische Bild des Infektionsverlaufs in anfälligen und widerstandsfähigen Geweben (Stakman, 27, 28; Allen, 1—6) berücksichtigen. Es kann danach kein Zweifel sein, daß das Rostmyzel die Fähigkeit hat, schädigende Stoffe auszuschcheiden, auf welche empfängliche und resistente Sorten sichtlich ungleich reagieren. Wir müssen also die Möglichkeit einer Einwirkung aktiver Faktoren der Empfänglichkeit und Widerstandsfähigkeit ebenfalls ernstlich in Betracht ziehen; auch läßt der weitgehende Zerfall der Rostarten in zahllose Rassen die ausschließliche Erklärung des Anfälligkeitsverhaltens durch einen passiven Faktor unzureichend erscheinen (vgl. Fischer und Gäumann, 10; S. 116 ff.).

Wenn wir im folgenden der Frage näher treten, wie wir uns das Eingreifen aktiver Faktoren, also das Zusammenspiel von Wirkung des Pilzes und Gegenreaktion der Wirtspflanze, vorzustellen haben, so müssen wir

noch eine kurze Allgemeinbetrachtung vorausschicken. Es erscheint uns unter allen Umständen notwendig, daß auch Erklärungsversuche für eine Teilerscheinung, wie sie die Beeinflussung des Rostverhaltens durch den experimentell veränderten Stickstoffhaushalt der Pflanzen darstellt, der Forderung Rechnung tragen, daß sie sich in vollem Umfang und in allen Einzelheiten in die Gesamtheit des Resistenzproblemcs einordnen lassen. Wir haben uns schon in unserer ersten Veröffentlichung (Gaßner und Hassebrauk, 15; S. 607) gegen die vor allem von Schaffnit und Volk (26) betonte Grenze zwischen artspezifischer Rostanfälligkeit einer Sorte und Beeinflussung des Rostbildes durch Außenfaktoren gewendet. Wie es bei späterer Gelegenheit (Gaßner und Franke, 12; S. 218) nochmals deutlicher ausgedrückt ist: „Der in den verschiedensten Arbeiten uns immer wieder entgegentretende Dualismus von ‚erblich fixierter‘ und ‚physiologischer oder plasmatischer Resistenz‘ (Hart; Radulescu u. a.) kann nur Verwirrung anrichten und muß verschwinden. Es gibt nicht zwei verschiedene Resistenzeigenschaften, von denen die eine durch innere Eigentümlichkeiten, die andere durch äußere Faktoren bedingt wird; es gibt in jedem Einzelfall nur ein bestimmtes als Resistenz oder als Anfälligkeit zu bezeichnendes Verhalten, das wie jede andere Eigenschaft ein Produkt aus der spezifischen vererbba ren Reaktionsweise des Organismus und den jeweils einwirkenden Außenfaktoren darstellt. Die Erkenntnis und Auswertung dieses Zusammenhanges muß die Grundlage jeder Resistenzforschung bilden.“ Von diesem Gesichtspunkt aus werden wir im folgenden die Abhängigkeit der Rostanfälligkeit vom Stickstoffhaushalt der Wirtspflanze nicht für sich, sondern im Zusammenhang mit dem allgemeinen Resistenzproblem, insbesondere der Sortenanfälligkeit, behandeln.

Wie schon kurz erwähnt, sprechen verschiedene Gründe dafür, daß bei der Rostempfänglichkeit das „aktive“ Verhalten der Wirtspflanze eine wichtige Rolle spielt. Die Schädigungsbilder, die bei dem Zusammentreffen von Rostpilz und Wirtszellen resistenter Sorten in diesen zu beobachten sind, lassen sich kaum anders deuten als eine Wirkung vom Pilz ausgeschiedener Stoffe oder Toxine. Wenn diese Wirkung auf Zellen anfälliger Pflanzen geringer ist oder fehlt, so deutet das auf das Vorhandensein aktiver Abwehrreaktionen der Wirtspflanzenzellen hin. Ebenso werden die in resistenten Pflanzenteilen vorliegenden, bis zur völligen Abtötung führenden Schädigungen des Parasiten meist auf Abwehraktionen der angegriffenen Wirtspflanze zurückgeführt.

So einfach es ist, die tatsächlichen Beobachtungen schlechthin als Toxinwirkungen des Parasiten und Gegenwirkungen der Pflanze zu „deuten“, so schwierig wird das Problem, wenn wir nun daran gehen, das wirkliche Wesen der Abwehrreaktionen zu analysieren. Hier müssen wir offen zugeben, daß alles, aber auch alles bis jetzt letzten Endes hypothetisch ist, und daß wir von dem experimentell gesicherten Boden, auf dem sich

die tierische und menschliche Immunitätslehre und Serologie bewegen, noch sehr weit entfernt sind. Wir arbeiten heute bei der Frage der pflanzlichen Resistenz mit denselben Begriffen wie jene, ohne aber bisher auch nur einen einzigen wirklichen Beweis dafür in Händen zu haben, daß die Übertragung der Begriffe im einzelnen statthaft und richtig durchgeführt ist. Wir fußen also bei der Beurteilung der pflanzlichen Resistenzerscheinungen in der Hauptsache auf mehr oder weniger glücklich gezogenen Analogieschlüssen aus dem Immunverhalten tierischer Organismen. Es besteht aber im Augenblick nicht die Möglichkeit, anders vorzugehen; Toxinwirkungen des Pilzes und Gegenreaktionen der Pflanze abzulehnen, würde praktisch den Verzicht auf das Verständnis der Resistenz- und Immunerscheinungen des pflanzlichen Organismus bedeuten. So werden auch wir wohl oder übel im folgenden mit Begriffen arbeiten, bei denen die Darlegung des wirklichen Inhaltes erst einer vielleicht fernen Zukunft vorbehalten bleiben muß.

Den gegenwärtigen Stand unserer Ansichten über die aktiven Faktoren der pflanzlichen Empfänglichkeit wollen wir an Hand der Ausführungen von Fischer und Gäumann (10) sowie Chester (8) kurz darlegen. Fischer und Gäumann (S. 119) rechnen sowohl mit der Bildung von Abwehrstoffen — sei es, daß diese „den Einbruch des Parasiten abdämmen, ohne daß der Parasit dabei unmittelbar geschädigt wird“, oder sei es, daß sie „den eindringenden Parasiten unmittelbar schädigen“ — wie aber auch mit der „Bildung vakzineähnlicher Schutzstoffe“. Chester folgt ähnlichen Gedankengängen, wenn er einerseits das vorzeitige Absterben des Myzels in resistenten Pflanzen auf die Bildung von „toxic secretions“ durch die Wirtszellen zurückführt, anderseits aber auch die Entstehung von „neutralizing substances“ in Betracht zieht, welche die Wirtszellen vor den vom Pilz ausgeschiedenen toxischen Stoffen schützen.

So einleuchtend und überzeugend solche Spekulationen auf den ersten Blick scheinen, so sehr ergeben sich Schwierigkeiten und auch Widersprüche, wenn wir der Einzelanalyse der postulierten Abwehrreaktionen näher treten. Es fällt uns immer wieder auf, daß vor allem die in den erwähnten Abwehrreaktionen enthaltenen inneren Widersprüche bisher nicht gewürdigt und zum mindesten nicht genügend erkannt scheinen. Wir wollen deshalb einige Ausführungen von Chester wörtlich anführen, weil diese uns nicht nur die bisherige Unsicherheit unserer Vorstellungen zeigen, sondern darüber hinaus erkennen lassen, daß nebeneinander Abwehrreaktionen als wirksam angeführt werden, die sich zum mindesten zeitlich ausschließen müssen, also unmöglich als gleichwertige Faktoren in die Resistenzerscheinungen eingreifen können. Chester (S. 293—294) sagt: „The young mycelium penetrates the cells as haustorial primordia. These secrete specific antigenic substances, toxins or

proteins, which simultaneously injure the host protoplast and stimulate that protoplast to the formation of specific antibodies directed toward the fungus products in question. Such antibodies are in the form of anti-toxins, neutralizing the toxins secreted by the fungus, in the form of ‚agglutinins‘ which cause a deformity of the haustoria, or in the form of lysins, disintegrating the haustoria. Any combination of these may be present... In the case of rust resistance before us the evidence points to the fact that the greatest stress in the host's defense must be laid on the acquired ability to counteract the fungus secretions and at the same time to injure the invader by toxic or lethal host secretions,..."

In dieser gleichzeitigen Wirkung von neutralisierenden Antitoxinen, von Agglutininen und anderen den Pilz schädigenden Antikörpern scheint uns nun eine Annahme zu liegen, die die Analyse der Resistenzerscheinungen nicht fördert, sondern erschwert, wenn nicht unmöglich macht. Denn neutralisierende Antitoxine und Antikörper vom Typus der Agglutinine und Lysine haben für den Pilz entgegengesetzten Wert: die ersten sichern die Entwicklung des auf lebende Wirtszellen angewiesenen Pilzes, die letzten schließen sie aus und bedingen den Tod des Parasiten. Wir selbst ziehen aus dieser ohne weiteres einleuchtenden Diskrepanz der Wirkungen zunächst den Schluß, die Bildung von Agglutininen und ähnlichen Antikörpern, die den Pilz schädigen, scharf von derjenigen neutralisierender, also zunächst nur die angegriffenen Wirtszellen selbst schützender Antitoxine zu trennen und auch scharf getrennt zu besprechen.

Was die Antikörper vom Typus der Agglutinine und Lysine betrifft, so wollen wir die Bezeichnung „Agglutinine“ und „Lysine“ hier vermeiden, weil der Nachweis solcher in der Serologie ganz scharf umschriebener Stoffe mit exakter und quantitativ genau erfaßbarer Wirkung für pflanzliche Organismen nicht als erbracht angesprochen werden kann, der Gebrauch derselben Worte also schon durch die gleiche Namengebung zu irrigen Vorstellungen führen muß. Die von Stakman (28, 29), Allen (2, 3, 5) u. a. beschriebenen, in resistenten Pflanzenteilen an den Rostpilzen zu beobachtenden Schädigungsbilder scheinen uns außerdem von den bekannten Wirkungen der Agglutinine und Lysine so verschieden, daß uns die Berechtigung der Übertragung dieser serologischen Begriffe auf das Rostproblem zum mindesten unbewiesen erscheint. Wir werden deshalb nur von aggressiven Abwehrstoffen der Wirtspflanze sprechen, die irgendwie die Eigenschaft haben müßten, das Pilzmyzel zu schädigen oder anzugreifen.

Die Frage ist nun, ob wir mit solchen aggressiven Abwehrstoffen die Erscheinung der Rostresistenz und Immunität zu erklären vermögen. Die schon zitierten Untersuchungen von Stakman und Allen lassen keinen

Zweifel, daß der in resistente oder immune Wirte eingedrungene Pilz zum Absterben gebracht wird. Jedoch scheint uns damit nicht bewiesen, daß es sich nun wirklich um eine Abtötung durch spezifische aggressive Antikörper handelt. Auffallend ist auf jeden Fall, daß die Abtötung des Pilzes nicht der allein zu beobachtende Vorgang ist; schon Stakman hat gezeigt, daß die Zellen resistenter Wirtspflanzen, mit denen der nicht kongeniale Rostpilz in Berührung kommt, schwer beeinträchtigt, und zwar offensichtlich durch vom Pilz ausgeschiedene Toxine abgetötet werden. Bei der scharfen Anpassung der Rostpilze an lebendes Wirtsplasma kann es eigentlich nicht überraschen, wenn die Abtötung dieser Zellen oder auch nur ihre Schädigung den Rostpilz selbst aufs schwerste in Mitleidenenschaft ziehen. Auf keinen Fall sind wir in der Zwangslage, das beobachtete Absterben des Pilzes auf solche von den Wirtspflanzenzellen ausgeschiedene spezifische Abwehrstoffe zurückzuführen.

Weitere Überlegungen sprechen nun aber in hohem Maße geradezu gegen die Ausscheidung spezifischer aggressiver Abwehrstoffe. Es ist schon auf die Befunde von Stakman über das Verhalten von Wirtszellen und Pilzhyphen in resistenten und immunen Pflanzen hingewiesen. Bei Impfung von Weizen mit dem nicht kongenialen Haferschwarzrost kommt es neben der Abtötung der Pilzzellen zu schwersten Schädigungen der vom Pilz berührten Wirtszellen. Es ist nun nicht recht einzusehen, warum diese Wirtszellen regelmäßig zugrunde gehen, wenn sie die Fähigkeit haben, den Pilz durch Ausscheidung so hoch wirksamer Kampfstoffe abzuwehren. Und es ist noch weniger denkbar, wie geschädigte oder gar abgestorbene Wirtszellen nachträglich spezifische Angriffsstoffe gegen den Pilz ausbilden sollen; die etwa entstehenden schädigenden Leichengifte würden natürlich nicht unter den Begriff aktiv gebildeter Abwehrstoffe fallen.

Wenn wir nun aber trotz dieser Einwände an der Annahme der Ausscheidung solcher Stoffe durch Zellen immuner Pflanzen festhalten, so würde die konsequente Verfolgung dieser Vermutung uns letzten Endes zu einem ganz bizarren Schluß führen: wir müßten schließlich voraussetzen, daß alle Pflanzen gegen alle Rostpilze mit einer einzigen Ausnahme in maximalem Maße und in unendlicher Vielgestaltigkeit spezifische Abwehrstoffe ausbilden können. Die alleinige Ausnahme wären ausgerechnet die eine oder die wenigen Rostarten, die für die betreffende Pflanzenart oder -sorte kongenial sind. Es ist nun aber wirklich nicht klar, warum z. B. die von Weizenrostarten oder -rassen besiedelten Weizenpflanzen ausgerechnet allen fremden Rostarten gegenüber, aber nicht gegenüber ihren eigenen Rostarten die Fähigkeit der Bildung spezifischer Antikörper entwickelt haben sollten.

Es liegen also sehr ernste Bedenken gegen die Annahme vor, daß Resistenz und Immunität durch die Ausscheidung von pilzaggressiven Abwehrstoffen durch die Wirtszellen zustande kommen. Diese Bedenken

werden nicht geringer, wenn wir den Einfluß der Anfälligkeitsverschiebungen in Betracht ziehen, die dem Stickstoffgehalt der Versuchspflanzen parallel gehen. Steigender N-Gehalt bedeutet Abnahme der Resistenz, würde also einer verringerten Bildung der aggressiven Abwehrstoffe entsprechen. Ein solcher Zusammenhang von höherem Eiweißgehalt und herabgesetzter Bildung von Antikörpern kommt uns mehr als unwahrscheinlich vor. Es ist uns natürlich bekannt, daß wir den Gehalt an Antikörpern nicht ohne weiteres mit der Stärke des Eiweißgehaltes identifizieren dürfen, wenn wir die im Serum des Tierblutes vorliegenden Verhältnisse der Beurteilung zugrunde legen und berücksichtigen, daß hochwertige Immunsere relativ eiweißarm sind. Jedoch würde eine solche Fragestellung den Kern unseres Problems nicht treffen. Es kommt nicht auf die Beziehungen zwischen Eiweiß- und Antikörpergehalt im Serum, sondern auf die Bildung der Antikörper an. Diese aber vollzieht sich im Tierkörper bekanntlich nicht im Serum selbst, sondern ebenfalls in Zellen — wie wir heute glauben, in dem Reticulo-endothelialen System. Es ist aus verschiedenen Gründen verständlich, daß wir über die Art, wie diese Zellen die Intensität der Antikörperbildung regulieren, bisher nur sehr unvollständig unterrichtet sind; jedoch spricht nichts dafür, daß die einem geringen Eiweißgehalt dieses Systems entsprechende Verringerung der Zellmasse nun ausgerechnet eine gesteigerte Antikörperbildung zur Folge haben soll. Und so werden wir auch bei der Pflanze nicht die Annahme machen können, daß steigender Eiweißgehalt eine schwächere Entwicklung von Antikörpern, im vorliegenden Falle von aggressiven Abwehrstoffen, ursächlich bedingt. Viel wahrscheinlicher ist das Gegenteil. Da aber höherer Eiweißgehalt der pflanzlichen Zellen nachweislich die Resistenz herabsetzt, so kommen wir erneut zu dem Ergebnis, daß die Resistenzerscheinungen nicht auf der Bildung von aggressiven Abwehrstoffen beruhen können.

Wenn wir es aus allen vorerwähnten Gründen ablehnen müssen, die Erklärung der Rostresistenz weiter in der Annahme bisher zum mindesten unbewiesener Angriffsstoffe der Wirtspflanze zu sehen, so tritt damit die zweite der oben angeführten Möglichkeiten in den Vordergrund: die Bildung neutralisierender Antikörper, die von den Wirtszellen nicht nach außen ausgeschieden werden, sondern nur die Aufgabe haben, die in das Innere der angegriffenen Wirtszellen gedrungenen Toxine des Pilzes in den Zellen selbst unwirksam zu machen.

Unzweifelhaft bewegen wir uns mit einer solchen Auffassung in wesentlich höherem Maße auf dem Boden der Tatsachen als mit der Annahme aggressiver Abwehrstoffe. Denn an der Bildung von Toxinen durch den Pilz kann kein Zweifel sein, wie schon die älteren Feststellungen von Stakman eindeutig ergeben haben. Wenn nun bei anfälligen Sorten keine oder nur stark abgeschwächte Wirkungen der Pilzhyphe zu beob-

achten sind, so muß es in der Tat naheliegen, hier eine Inaktivierung der vom Pilz ausgeschiedenen Stoffe zu vermuten, wodurch das Leben der Wirtszellen erhalten bleibt und damit die Ernährung des obligat parasitären Pilzes gewährleistet wird. Wir müssen also bei anfälligem Infektionstypus mit einer besonders starken Bildung solcher neutralisierender Antikörper rechnen. Umgekehrt muß die schwächste Bildung oder sogar völliger Mangel neutralisierender Antikörper bei immunem Typus (*i*) vorhanden sein, wo nachweislich jede Berührung des Pilzmyzels mit den Wirtszellen den Tod dieser Zellen bedeutet (Stakman, Allen) und damit die Entwicklung des Parasiten so zeitig unterdrückt, daß es makroskopisch zu keinem sichtbaren Infektionserfolg kommt. Zwischen diesen beiden Extremen liegen dann die Fälle von mittlerer bzw. ausgesprochener Resistenz (Infektionstypus II—III bzw. 0—I); hier müßte es sich um mittlere bzw. unzureichende Bildung solcher neutralisierender Antikörper handeln.

Diese Darlegungen decken sich in ihren Grundzügen mit der schon von Stakman (28) entwickelten Auffassung von der Überempfindlichkeit resistenter Wirtspflanzen gegen Rostinfektionen. Der geforderte Zusammenhang von Empfänglichkeit und Antitoxinbildung erscheint auf den ersten Blick widerspruchsvoll, da Anfälligkeit durch Ausscheidung von Antitoxinen, Immunität und Resistenz aber durch mehr oder minder starken Mangel dieser Fähigkeit zustande kommen müssen. Jedoch müssen wir uns nun einmal davon frei machen, serologische Vorstellungen unbesehen auf die Phytopathologie zu übertragen, wo es sich schon im Hinblick auf den streng lokalen Charakter der Infektionsstellen nur um zelluläre Immunität handelt, über deren Bedeutung für den tierischen Organismus wir bisher kaum Näheres wissen. Im übrigen herrscht zwischen Tier und Pflanze dahingehend Übereinstimmung, daß bei beiden die Bildung von neutralisierenden Antikörpern das Leben des Wirtsorganismus bzw. der betroffenen Zellen erhält. Der Unterschied liegt darin, daß beim Tier diese Erhaltung die Abwehrmöglichkeiten gegen den Parasiten steigert, bei der Pflanze aber umgekehrt die Voraussetzung für eine bessere oder überhaupt erst für eine Entwicklung des Pilzes schafft. Aus dieser letzten Feststellung und dem Vergleich zwischen pflanzlich-pilzparasitärem Verhalten und tierischem Organismus läßt sich übrigens, wenn man will, ein weiteres wichtiges Argument gegen das Vorhandensein von pilz-aggressiven Abwehrtoxinen bei Rostinfektionen ableiten. Denn die im tierischen Organismus als Folge der neutralisierenden Antikörperbildung zu beobachtende stärkere Mobilisierung von Abwehrmöglichkeiten gegen den Krankheitserreger fehlt völlig, wenn pflanzliche Zellen durch Bildung neutralisierender Antitoxine am Leben erhalten bleiben und nunmehr dem Pilz als ungefährliches und geeignetes Nährsubstrat zur Verfügung stehen.

Die Annahme, daß sich Empfänglichkeit und Resistenz gegenüber Rostpilzen durch ein mehr oder minder großes Vermögen der Wirtszellen zur Neutralisierung der vom Parasiten ausgeschiedenen Toxine erklären, steht nun de facto in guter Übereinstimmung mit vielen Tatsachen. Die Einzelheiten der in resistenten und anfälligen Pflanzen vorliegenden mikroskopischen Bilder (Stakman, Allen) enthalten keine Widersprüche. Ferner fügt sich auch das Immunitätsverhalten, also das Auftreten des Typus *i*, insbesondere das Ausbleiben jedes äußeren Infektionserfolges bei Impfung mit einer nicht kongenialen Rostart der entwickelten Anschauung ungezwungen ein. Es kann nunmehr nicht überraschen, wenn alle Pflanzen auf alle fremden Rostpilze äußerlich überhaupt nicht reagieren. Sie benötigen dazu nicht wie bei der Annahme aggressiver Abwehrstoffe besondere und spezifische Fähigkeiten, sondern gerade der Mangel, spezifische neutralisierende Stoffe zu bilden, ist es, der sie schützt, weil jeder nicht kongeniale Rostpilz nach dem Eindringen sofort auf eine unüberbrückbare Schranke stößt, die er selbst durch die von seinen Toxinen abgetöteten Wirtszellen aufrichtet.

Wir müssen uns nunmehr noch der im Rahmen dieser Arbeit besonders interessierenden Frage zuwenden, ob die soeben entwickelten Anschauungen über das Zustandekommen der Resistenzerscheinungen auch für die Resistenzverschiebungen gelten, die durch ganz verschiedene Außenfaktoren (Ernährung, Temperatur, Narkose) ausgelöst werden und von uns auf die Beeinflussung des Stickstoffhaushaltes zurückgeführt werden konnten.

Es ist tatsächlich auch ohne besondere Hilfhypothesen möglich, die Veränderung der Rostanfälligkeit durch den Stickstoffgehalt der Blätter zur Toxinwirkung des Pilzes und der Bildung neutralisierender Antikörper in Beziehungen zu bringen, die eindeutig und für alle Möglichkeiten gleich gut verständlich scheinen. Steigender Eiweißgehalt bedeutet Erhöhung der Anfälligkeit, also im Sinne der gemachten Annahme verringerte Wirkung der Pilztoxine. Das kann bis zu einem gewissen Grade schon auf passivem Wege, d. h. ohne spezifische Gegenreaktion der Wirtszellen möglich sein. Mit steigendem Eiweißgehalt muß sich die Wirkung der vom Pilz stammenden Toxine dadurch abschwächen, daß sie sich auf eine größere Plasmamasse verteilen. In erster Linie besteht aber die Möglichkeit, daß der erhöhte Eiweißgehalt sowohl rein quantitativ als gleichzeitig durch den als gesteigert anzunehmenden Stoffwechsel solcher Zellen auch aktiv die Toxinwirkung stärker abschwächt, indem es zu vermehrter Bildung neutralisierender Antikörper kommt. Gewiß, wir können dieses alles solange nicht exakt beweisen, als wir nicht — wie auf serologischem Gebiet — Toxine und Antikörper und ihr Zusammenspiel tatsächlich im einzelnen und quantitativ erfaßt haben. Andererseits aber spricht doch sehr viel für die Richtigkeit des postulierten Zusammenhanges von Stickstoff-

gehalt und Bildung neutralisierender Antikörper; so ist sicher auch zu berücksichtigen, daß die Antikörper selbst Eiweißkörper oder doch jedenfalls an bestimmte Eiweißfraktionen gebunden sind (vgl. Dieudonné und Weichhardt, 9; S. 21, 136); ihre stärkere Bildung in eiweißreicheren Zellen kann also nicht überraschen.

Vor allem aber, und damit begeben wir uns wieder mehr auf den Boden der Tatsachen, stimmen die Einzelheiten der bei wechselndem Stickstoffhaushalt der Wirtspflanzen zu beobachtenden Verschiebungen des Resistenzverhaltens ausgezeichnet mit der entwickelten Hypothese überein. Daß bei anfälligem Infektionstypus (IV) Erhöhung des Stickstoffgehaltes keine weitere Steigerung der Anfälligkeit bewirkt, braucht nicht weiter besprochen zu werden; wichtig aber sind die bei resistenten Sorten zu beobachtenden Unterschiede. Wir hatten stets gefunden, daß mäßig resistente Sorten ein besonders labiles Anfälligkeitsverhalten zeigen und auf Veränderungen des Eiweißgehaltes am leichtesten reagieren. Das muß so sein; bei solchen Sorten werden noch Antikörper, aber in nicht völlig ausreichendem Maße gebildet. Die Erhöhung des Stickstoffgehaltes kann hier am leichtesten zu einer quantitativ bedeutenden Steigerung der Antikörper und damit zur Erhöhung des Infektionstypus führen. Bei hochresistentem Typus 0 und bei dem Typus *i* (immun) ist das Rostbild ungleich schwieriger und nur durch besonders kräftigen Eingriff zu beeinflussen. Ganz verständlich; wenn nur geringe Antikörpermengen vorhanden sind, bedeutet nur eine ganz wesentliche Erhöhung des Eiweißgehaltes eine so weit gehende Steigerung der Antikörpermengen, daß der Typus 0 nach oben verschoben wird, und daß es nunmehr statt der ausschließlich vorliegenden Nekrosen zur Fruktifikation kommt. Und wenn der Typus *i* auch durch starke Steigerung des Eiweißgehaltes der Wirtspflanze meist nicht verändert wird, so muß auch das so sein; denn wenn keine oder fast keine Fähigkeit zur Antikörperbildung vorliegt, so nützt auch die stärkste Erhöhung des Eiweißgehaltes nichts, weil sie diese Fähigkeit nicht aus dem Nichts hervorbringen kann. Soweit aber der Typus *i*, wie in einem der hier wiedergegebenen Narkoseversuche, trotzdem nach 0 verschoben wird, dürfen wir annehmen, daß hier doch noch eine ganz schwache, unter natürlichen Verhältnissen aber völlig unzureichende Antikörperbildung vorhanden war.

So kommen wir zu folgendem Endergebnis:

Es sprechen viele Gründe dafür, daß Anfälligkeit auf der Ausscheidung neutralisierender Antikörper, Resistenz und Immunität auf der unzureichenden bzw. mangelnden Fähigkeit beruhen, Stoffe zu bilden, die die vom Pilz ausgeschiedenen Toxine neutralisieren; im letzten Falle werden die Wirtspflanzenzellen durch die Pilztoxine abgetötet, wodurch der Rostpilz die Möglichkeit zur Weiterentwicklung und Fruktifikation verliert.

Die als Folge von Änderungen des Stickstoffgehaltes der Wirtspflanze beobachteten Resistenzverschiebungen können wir in erster Linie auf den aktiven Faktor: schwächere oder stärkere Bildung neutralisierender Antikörper durch geringeren oder höheren Plasmagehalt der Wirtszellen zurückführen. Damit lassen sich die Resistenzverschiebungen durch Außenfaktoren auf die gleichen Ursachen wie die Sortenanfälligkeit zurückführen, wodurch sich weiter die Möglichkeit ergibt, die quantitativ ungleiche Wirkung derselben Außenfaktoren auf Sorten verschiedenen Resistenzverhaltens ungezwungen zu erklären.

Die Mitwirkung passiver Faktoren wird von uns ebenfalls in gewissem Umfange als vorliegend anerkannt, wenn wir auch den Schwerpunkt in der aktiven Beeinflussung des Rostpilzes durch die erwähnte Reaktion der Wirtspflanzenzellen sehen. Bei der Wirkung steigenden Stickstoffgehaltes der Wirtspflanze auf die Rostanfälligkeit ist eine passive Beeinflussung in doppelter Weise denkbar: einmal dürfte die stärkere Verteilung der vom Pilz ausgeschiedenen Toxinmenge auf eine größere Plasmamasse die Toxinwirkung ebenfalls bis zu einem gewissen Grade abstumpfen und so die Wirkung des aktiven Faktors unterstützen. Sodann müssen wir wohl in Anlehnung an früher entwickelte Vorstellungen, aber unter sinngemäßer Einschränkung, damit rechnen, daß höherer Eiweißgehalt der Wirtszellen auf rein ernährungsphysiologischem Wege die Voraussetzungen für Wachstum und Fruktifikation der Rostpilze verbessert.

d) Die Beurteilung der Anfälligkeitsänderungen narkotisierter Pflanzen.

Während Fischer und Gäumann (10; S. 71, 118) die von ihnen erwähnten Beispiele einer Steigerung der Empfänglichkeit durch Narkotika nicht im einzelnen deuten, sondern nur als Beweis für das Vorhandensein aktiver Widerstandsfaktoren anführen, spricht Chester (8) von einer Schwächung der Abwehrreaktionen des Wirtsorganismus durch Narkose. Wir erkennen hierin nochmals die ganze Unsicherheit des fraglichen Problems, denn Chester kann bei seiner Ansicht über das Zustandekommen der Narkosewirkung nur die Unterdrückung derjenigen Stoffe meinen, die als toxische Sekrete der Wirtspflanze das Pilzmyzel schädigen oder abtöten; eine durch die Narkose bedingte Herabsetzung der Bildung neutralisierender Antikörper, also derjenigen Stoffe, die die Wirtszellen gegen Schäden durch Toxine des Pilzes schützen, müßte nicht zu einer Erhöhung der Empfänglichkeit, sondern umgekehrt zu gesteigerter Resistenz führen, da sie die Weiterentwicklung des Pilzes verschlechtert oder unmöglich macht.

Gegen die von Chester vorgenommene Deutung der Narkosewirkung sprechen die im vorigen Abschnitt dargelegten Tatsachen und Überlegungen, auf Grund deren wir die Bedeutung spezifischer Antikörper, die als Lysine oder Agglutinine den Pilz schädigen, für die Erklärung der Resistenzerscheinungen als unwahrscheinlich abgelehnt haben; eine solche Hypothese würde vor allem völlig die nachgewiesene Erhöhung des Stickstoffgehaltes der mit Chloroform behandelten Pflanzen außer acht lassen.

Wir bringen dagegen die Steigerung der Anfälligkeit durch Chloroformnarkose mit den deutlichen Änderungen des Stickstoffhaushaltes der behandelten Pflanzen in Verbindung und machen diese zum Ausgangspunkt jeder Beurteilung der Beziehungen zwischen Empfänglichkeit und Narkosewirkung. Das Narkoseproblem stellt sich nunmehr als Teil des Gesamtresistenzproblems dar, denn Fälle, in denen steigender Eiweißgehalt die Rostanfälligkeit erhöht, sind uns bereits aus den Wirkungen von Mineralsalzernährung und Temperatur in großer Zahl bekannt geworden. Es besteht kein Grund, bei der in gleicher Richtung liegenden Beeinflussung durch Chloroformnarkose die Erklärung in der geringeren Bildung unbewiesener Abwehrstoffe, die den Pilz schädigen sollen, zu suchen, wenn die Steigerung des Stickstoffgehaltes eine einfache und natürliche Deutung gestattet, die völlig im Rahmen des gesamten Resistenzproblems bleibt.

So machen wir also diejenigen Faktoren für die Beeinflussung der Anfälligkeit durch eine Chloroformnarkose verantwortlich, die auch sonst bei Erhöhung des Stickstoffgehaltes das Resistenzverhalten verschieben; in erster Linie berücksichtigen wir den aktiven Faktor einer gesteigerten Ausbildung neutralisierender Antikörper, in zweiter Linie die passiven Faktoren einer gewissen Entgiftung vom Pilz ausgeschiedener Toxine durch die größere Plasmamenge sowie die ernährungsphysiologische Verbesserung der Pilzentwicklung und der Fruktifikationsbedingungen durch erhöhten Stickstoffgehalt der Wirtspflanzenzellen.

8. Hauptegebnisse.

1. Die Narkoseversuche (Äther und Chloroform) sind mit verschiedenen Stämmen von *Puccinia triticina*, *Puccinia glumarum* und *Puccinia graminis* auf Weizen und von *Puccinia coronata* auf Hafer durchgeführt, wobei nebeneinander möglichst Getreidesorten verschiedener Resistenz auf Beeinflussung des Rostverhaltens durch Narkosebehandlung geprüft wurden.

2. In allen Versuchen wurden Infektionstypus und Befallsstärke getrennt festgestellt.

Für die Beurteilung der Anfälligkeitsverschiebungen ist der Infektionstypus maßgebend; die Befallsstärke geht dem Infektionstypus meist ausreichend parallel, wenn auch bei Steigerung der Anfälligkeit die Befallsstärke gegenüber dem Infektionstypus etwas zurückbleiben kann.

In einigen Fällen liegen Störungen der Befallsstärke vor, die sichtlich auf Schädigungswirkungen durch die Narkosebehandlung beruhen.

3. Äther- und Chloroformnarkose wirken ungleichartig. Ätherisierung beeinflusst die Anfälligkeit nicht oder doch nicht eindeutig.

4. Dagegen steigert Chloroformnarkose die Rostanfälligkeit in fast allen Fällen, in denen nicht von vornherein maximaler Infektionstypus IV vorgelegen hat. Es gelang, den Infektionstypus nicht nur bei mäßig resistenten und schwach anfälligen Sorten zu erhöhen, sondern auch auf sonst hochresistenten Sorten, die im allgemeinen nur Blattnekrosen zeigen, stärkere Fruktifikationen zu erzielen. Es gelang ferner, auf einer sonst immunen Sorte den Typus *i* einheitlich auf 0 zu verschieben, was für die Beurteilung des Typus *i* von grundsätzlicher Bedeutung ist.

5. Die Befunde stehen im Widerspruch zu der Auffassung von Volk und Minkevičius, wonach die Narkosebehandlung die Rostanfälligkeit herabsetzt. Erklärt werden die Widersprüche dadurch, daß diese Autoren aus der Verschiebung der Befallsstärke anfälliger Sorten auf eine Beeinflussung der Anfälligkeit schließen. Sie berücksichtigen nicht, daß anfällige Sorten für die Feststellung von Anfälligkeitssteigerungen ungeeignet sind, und daß die Herabsetzung der Befallsstärke auf deutlich geschädigten Pflanzen nicht als Änderung der Anfälligkeit gedeutet werden darf, solange der Infektionstypus unverändert bleibt.

6. Die Chloroformnarkose beeinflusst auch äußerlich deutlich die Entwicklung und das Aussehen der Versuchspflanzen: die behandelten Pflanzen zeigen oft Wuchsabweichungen und weisen vor allem im Vergleich zu den Kontrollpflanzen eine tiefe Dunkelgrünfärbung auf. Chlorophyllbestimmungen ergaben, daß die chloroformierten Pflanzen gegenüber den unbehandelten tatsächlich einen höheren Chlorophyllgehalt besitzen.

7. Wie in anderen Fällen, können wir auch hier den Chlorophyllgehalt zu dem Stickstoffgehalt der Blätter in Beziehung bringen: die Blätter narkotisierter Pflanzen haben, verglichen mit unbehandelten, einen höheren Stickstoffgehalt.

Damit reiht sich die Chloroformnarkose in diejenigen Fälle ein, in denen die Steigerung des Stickstoff- bzw. Eiweißgehaltes eine Erhöhung der Anfälligkeit zur Folge hat. Die durch Chloroformnarkose induzierten Resistenzänderungen müssen also im Rahmen der allgemeinen Frage betrachtet werden, in welcher Weise Steigerung des Stickstoffgehaltes die Anfälligkeit erhöht.

8. Nach der Auffassung von Chester steigert Narkosebehandlung die Anfälligkeit dadurch, daß die Wirtszellen narkotisierter Pflanzen die Fähigkeit verlieren, Stoffe abzusondern, die den eingedrungenen Pilz in seiner Entwicklung hemmen bzw. das Myzel abtöten.

Diese Auffassung wird abgelehnt. Es erscheint aus verschiedenen Erwägungen nicht möglich, der Deutung der Rostanfälligkeit die Annahme

zugrunde zu legen, daß die Zellen der Wirtspflanze spezifische aggressive Abwehrstoffe ausscheiden. Unter anderem läßt sich mit dieser Hypothese nicht die Steigerung der Rostanfälligkeit durch erhöhten Stickstoffgehalt in Einklang bringen.

9. Wenn steigender Stickstoffgehalt die Anfälligkeit gegen Rost erhöht, wobei es gleichgültig ist, ob die Ursachen der Stickstoffsteigerung in der Mineralsalzernährung, in der Temperatur oder in einer Narkosebehandlung liegen, so dürfte die Steigerung der Rostanfälligkeit in erster Linie darauf beruhen, daß vermehrter Eiweißgehalt der Zellen zu einer stärkeren Bildung neutralisierender Antikörper führt, die gegen die vom Pilz ausgeschiedenen Toxine in der Wirtszelle entwickelt werden und diese schützen. Wir stellen also bei der Beurteilung der Rostresistenz den aktiven Faktor: Bildung von neutralisierenden Antikörpern in den Vordergrund.

Die in der vorstehenden Arbeit entwickelten Anschauungen vom Wesen der Rostempfindlichkeit und Resistenz bieten die Möglichkeit, nicht nur die Wirkung von Außenfaktoren auf das Rostverhalten, sondern auch die spezifische Sortenanfälligkeit von einem einheitlichen Standpunkt aus zu betrachten und zu erklären. So gelangen wir ohne weiteres auch zum vollen Verständnis des Zusammenspiels von Anfälligkeitsverschiebungen und Sortenresistenz, insbesondere der Tatsache, daß niedrige Infektionstypen (*i* und *O*) gegenüber Außenfaktoren wesentlich stabiler sind als mittlere.

10. Wenn wir Empfänglichkeit und Widerstandsfähigkeit in erster Linie auf den aktiven Faktor: Bildung neutralisierender Antikörper zurückführen, so rechnen wir anderseits auch mit gewissen in gleicher Richtung liegenden passiven Anfälligkeits- bzw. Resistenzfaktoren. Steigender Eiweißgehalt der Wirtszellen dürfte eine stärkere Verdünnung der vom Pilz ausgeschiedenen Toxine, also eine Abstumpfung der Giftwirkung bedeuten. Außerdem müssen wir nach wie vor damit rechnen, daß höherer Eiweißgehalt auf rein ernährungsphysiologischem Wege Entwicklung und Fruktifikation der Rostpilze verbessert.

9. Schriftenverzeichnis.

- 1 Allen, Ruth, F. A cytological study of infection of Baart and Kanred wheats by *Puccinia graminis tritici*. Journ. Agr. Res. **23**, 1923, 131.
- 2 Allen, Ruth, F. Cytological studies of infection of Baart, Kanred and Mindum wheats by *Puccinia graminis tritici* forms III and XIX. Journ. Agr. Res. **26**, 1923, 571.
- 3 Allen, Ruth, F. Cytological studies of forms 9, 21 and 27 of *Puccinia graminis tritici*, on Khapli Emmer. Journ. Agr. Res. **32**, 1926, 701.
- 4 Allen, Ruth, F. A cytological study of *Puccinia triticea* physiologic form 11 on Little Club wheat. Journ. Agr. Res. **33**, 1926, 201.
- 5 Allen, Ruth, F. A cytological study of orange leaf rust, *Puccinia triticea* physiologic form 11 on Malakoff wheat. Journ. Agr. Res. **34**, 1927, 697.
- 6 Allen, Ruth, F. A cytological study of *Puccinia glumarum* on *Bromus marginatus* and *Triticum vulgare*. Journ. Agr. Res. **36**, 1928, 487.
- 7 Caldwell, R. M. and Stone, G. M. Relation of stomatal function of wheat to invasion and infection by leaf rust (*Puccinia triticea*). Journ. Agr. Res. **52**, 1936, 917.
- 8 Chester, K. S. The problem of acquired physiological immunity in plants. Quart. Rev. Biol. **8**, 1933, 129 and 275.
- 9 Dieudonné, A. und Weichhardt, W. Schutz- und Heilimpfung. Leipzig 1932.
- 10 Fischer, E. und Gäumann, E. Biologie der pflanzenbewohnenden parasitischen Pilze. Jena 1929.
- 11 Gaßner, G. und Appel, G. O. Untersuchungen über die Infektionsbedingungen der Getreiderostpilze. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt **15**, 1927, 417.
- 12 Gaßner, G. und Franke, W. Der Stickstoffhaushalt junger Weizenpflanzen in seiner Abhängigkeit von der Mineralsalzernährung. Phytopathologische Zeitschrift **7**, 1934, 187.
- 13 Gaßner, G. und Franke, W. Über den Einfluß der Temperatur auf Stickstoffgehalt und Rostresistenz junger Getreidepflanzen. Phytopathologische Zeitschrift **7**, 1934, 315.
- 14 Gaßner, G. und Goeze, G. Assimilationsverhalten, Chlorophyllgehalt und Transpirationsgröße von Getreideblättern mit besonderer Berücksichtigung der Kalium- und Stickstoffernährung. Zeitschrift für Botanik **27**, 1934, 257.
- 15 Gaßner, G. und Hassebrauk, K. Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Mineralsalzernährung und Verhalten der Getreidepflanzen gegen Rost. Phytopathologische Zeitschrift **3**, 1931, 535.
- 16 Gaßner, G. und Hassebrauk, K. Über die Beeinflussung der Rostanfälligkeit durch Eintauchen geimpfter Blätter in Lösungen von Mineralsalzen und anderen Stoffen. Phytopathologische Zeitschrift **5**, 1933, 323.
- 17 Gaßner, G. und Hassebrauk, K. Untersuchungen zur Frage der Getreiderostbekämpfung mit chemischen Mitteln. Phytopathologische Zeitschrift **9**, 1936, 427.
- 18 Gaßner, G. und Straib, W. Experimentelle Untersuchungen über das Verhalten der Weizensorten gegen *Puccinia glumarum*. Phytopathologische Zeitschrift **1**, 1929, 215.
- 19 Gaßner, G. und Straib, W. Zur Frage der Konstanz des Infektionstypus von *Puccinia triticea* Erikss. Phytopathologische Zeitschrift **4**, 1931, 57.

- 20 Hassebrauk, K. Die Bedeutung der Bodenfeuchtigkeit für das Verhalten von *Puccinia graminis* und *Puccinia triticina* auf verschiedenen Weizensorten. Phytopathologische Zeitschrift **7**, 1934, 259.
- 21 Hassebrauk, K. Weitere Untersuchungen über Rostbekämpfung mit chemischen Mitteln. Phytopathologische Zeitschrift **11**, 1938.
- 22 Johnson, T. and Johnson, O. Studies on the nature of disease resistance in cereals. III: The organic nitrogen content of mature and immature tissues of the wheat plant in relation to stem rust resistance. Canad. Journ. Res. **13**, 1935, 355.
- 23 Kauffmann, C. Über Einwirkung der Anaesthetika auf das Protoplasma und dessen biologisch-physiologische Eigenschaften. Inaug.-Dissertation Erlangen, 1899.
- 24 Minkevičius, A. Untersuchungen über den Einfluß der Narkose auf die Pilzempfindlichkeit der Pflanzen. Phytopathologische Zeitschrift **5**, 1933, 99.
- 25 Mothes, K. Ein Beitrag zur Kenntnis des Stickstoff-Stoffwechsels höherer Pflanzen. Planta **1**, 1926, 472.
- 26 Schaffnit, E. und Volk, A. Über den Einfluß der Ernährung auf die Empfänglichkeit der Pflanzen für Parasiten. II. Teil. Phytopathologische Zeitschrift **1**, 1930, 535.
- 27 Stakman, E. C. A study in cereal rusts. Minnesota Agr. Exp. Sta. Bull. **138**, 1914.
- 28 Stakman, E. C. Relation between *Puccinia graminis* and plants highly resistant to its attack. Journ. Agr. Res. **4**, 1915 193.
- 29 Stakman, E. C. and Levine, M. N. The determination of biologic forms of *Puccinia graminis* on *Triticum* spp. Minnesota Agr. Exp. Sta., Techn. Bull. **8**, 1922.
- 30 Stock, F. Untersuchungen über Keimung und Keimschlauchwachstum der Uredosporen einiger Getreideroste. Phytopathologische Zeitschrift **3**, 1931, 231.
- 31 Straib, W. Die Bestimmung der physiologischen Rassen von *Puccinia coronata* Cda. auf Hafer in Deutschland. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt **22**, 1937, 121.
- 32 Téodoresco, E. C. et Coupin, H. Influence des anesthésiques sur la formation de la chlorophylle. Comp. Rend. Séances Acad. Sci., **127**, 1898₂, 884.
- 33 Volk, A. Beiträge zur Kenntnis der Wechselbeziehungen zwischen Kulturpflanzen, ihren Parasiten und der Umwelt. 4. Mitteilung. Einflüsse des Bodens, der Luft und des Lichtes auf die Empfänglichkeit der Pflanzen für Krankheiten. Phytopathologische Zeitschrift **3**, 1931, 1.

Einige Versuche über die Beeinflussung des Stickstoffhaushaltes junger Weizenblätter durch den Kohlensäuregehalt der Luft.

Von

G. Gaßner und W. Franke.

Mit 1 Abbildung.

Einleitung.

Den Ausgangspunkt für die folgenden Untersuchungen bildet der in älteren Arbeiten (2, 8) erbrachte Nachweis, daß das Rostverhalten von Getreidepflanzen durch den Kohlensäuregehalt der Luft beeinflusst wird. Daß CO_2 -Entzug das Zustandekommen von Rostinfektionen verschlechtert oder unterbindet, ist bereits durch Versuche von Mains (9) und von Ward (13) nachgewiesen und konnte damals bestätigt werden; darüber hinaus wurde gefunden, daß bis zu einer gewissen Grenze erhöhte CO_2 -Gaben Befall und Anfälligkeit über das bei normaler Kohlensäureernährung vorliegende Rostbild hinaus steigern, daß jedoch bei Überschreiten bestimmter, für die verschiedenen Rost- bzw. Getreidearten etwas ungleich liegender CO_2 -Werte wieder eine deutliche Herabsetzung und schließlich Unterdrückung des Rostbefalles zu beobachten ist.

Die Steigerung des Infektionserfolges durch eine nicht zu weit getriebene Erhöhung des CO_2 -Gehaltes der Luft wurde auf Erhöhung der Assimilationsleistung, also auf Verbesserung der Kohlenstoffernährung der Getreidepflanzen und deren Rückwirkungen auf den Rostpilz zurückgeführt. Für die bei zu starken CO_2 -Gaben beobachtete Verschlechterung des Rostbefalls wurde die Bildung schädlicher Stoffwechselprodukte durch zu starke Assimilationstätigkeit der Pflanze angenommen.

In der seit Abschluß der vorstehend erwähnten älteren Untersuchungen verflossenen Zeit sind wir nun, von ganz anderen Gesichtspunkten ausgehend, immer wieder zu der Feststellung gekommen, daß die Änderungen des Resistenzverhaltens mit Verschiebungen des Stickstoffhaushaltes der Versuchspflanzen in Verbindung stehen. Ganz verschiedene Faktoren wie Mineralsalzernährung, Temperatur, Narkose beeinflussen die Anfälligkeit; in allen Fällen konnte übereinstimmend nachgewiesen werden, daß der Steigerung der Anfälligkeit eine Erhöhung des N-Gehaltes, insbesondere des Eiweißgehaltes der Nährpflanze entspricht (3, 4, 5, 6, 7).

Es mußte naheliegen und ist von uns auch schon unter Hinweis auf bestimmte Literaturangaben (Prjanischnikow, 12, Engel, 1 u. a.) ausgesprochen, daß die Beeinflussung des Rostbefalles durch die Kohlensäureernährung der Pflanze sich ebenfalls auf dem Umweg einer Änderung des Stickstoffhaushaltes der Blätter vollziehen dürfte (Gaßner und Hassebrauk, 5). Der experimentellen Prüfung der Beziehungen zwischen CO_2 -Ernährung und Stickstoffhaushalt der von uns verwendeten jungen Getreidepflanzen dienen die im folgenden mitgeteilten Untersuchungen.

Methodik.

Versuchsmaterial: v. Rümkers früher Sommerdieckkopf.

Anzucht: 6 Pflanzen je Versuchsgefäß mit 1200 g Hohenbockaer Sand + 180 cem Nährlösung.

Nährlösung: Je Liter Nährlösung 0,75 g KCl, 0,80 g $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ sicc., 0,80 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$, 0,21 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$, 4 Tropfen FeCl_3 -Lösung 1%, entsprechend 11,3 mg K, 4,2 mg N, 2,06 mg P und 0,61 mg Mg je Pflanze.

Aussaat: 21. August 1934, Pflanzen zunächst (bis 27. August) frei im Gewächshaus.

CO_2 -Behandlung: Einstellen der Pflanzen in Glocken von zirka 25 Liter Inhalt mit verschiedenem CO_2 -Gehalt:

- | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| a) ohne CO_2 , Glocken mit Kalilauge, Glocken während der ganzen Versuchsdauer geschlossen; | |
| b) 0,03 % CO_2 , Glocken täglich einmal geöffnet und wieder geschlossen; | |
| c) 0,3 % CO_2 | } Glocken jeden Morgen geöffnet und neu mit CO_2 beschickt. |
| d) 3 % CO_2 | |
| e) 6 % CO_2 | |

Die Kohlensäure wurde im Raum der Glocken aus $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaHSO}_3$ in der bereits früher (3) geschilderten Weise entwickelt. Die angegebenen CO_2 -Konzentrationen beziehen sich also auf die am Morgen jeden Tages gegebenen CO_2 -Mengen und sind demnach die täglichen Anfangskonzentrationen (T. A.-Konz.).

Bezüglich aller weiteren Versuchseinzelheiten sei auf die früheren Ausführungen (3, 4) verwiesen.

Aufstellung der Glocken: Nordgewächshaus bei gleichmäßiger Beleuchtung, Temperatur zwischen 15° und 20° C schwankend.

Dauer der CO_2 -Behandlung: Versuchsreihe I: 4 Tage (27.—31. August). Versuchsreihe II: 10 Tage (27. August bis 7. September).

Analysen: Bestimmt wurden außer Frisch- und Trockengewicht (105° C):

- | | |
|---------------------------|-------------------|
| 1. Eiweiß-N | } aus 10 Blättern |
| 2. Löslicher N | |
| 1 + 2 geben den Gesamt-N. | |

Zu Kontrollzwecken wurde von je vier weiteren Blättern noch eine besondere Bestimmung des Gesamt-N vorgenommen, die, wie bereits früher (3) angeführt, im allgemeinen etwas höhere Werte liefert, als der aus 1 und 2 berechnete Gesamt-N.

Bezüglich aller weiteren Analyseneinzelheiten sei auf unsere früheren Angaben (3, 4) verwiesen.

Ergebnisse.

Tabelle 1 enthält die gefundenen und die daraus berechneten relativen Werte von Stickstoffgehalt und Trockengewicht nach viertägigem Aufenthalt der Versuchspflanzen bei steigenden CO_2 -Gaben.

Die mit 6% CO₂ angesetzte Versuchsreihe mußte wegen eines Versuchsfehlers ausgeschaltet werden.

Tabelle 1.
Stickstoffgehalt und Trockensubstanz junger Weizenblätter nach
viertägigem Aufenthalt unter Glocken mit steigendem CO₂-Gehalt.

% CO ₂ (T. A.- Konz.)	Gefundene Werte ¹⁾					Relative Werte ²⁾				
	1	2	1 + 2	3	Trocken- substanz	1	2	1 + 2	3	Trocken- substanz
	Ei- weiß- N	Lös- licher N	Ge- samt- N	Ge- samt- N		Ei- weiß- N	Lös- licher N	Ge- samt- N	Ge- samt- N	
	‰	‰	‰	‰	‰					
0	3,06	0,79	3,85	3,93	7,95	92	118	97	95	98
0,03	3,37	0,71	4,08	4,09	7,90	101	106	102	98	97
0,3	3,26	0,59	3,85	4,34	8,11	98	88	97	104	100
3,0	3,57	0,60	4,17	4,29	8,63	107	89	104	103	106
6,0	wegen Versuchsfehlers ausgeschaltet.									

Trotz der verhältnismäßig kurzen Versuchsdauer machen sich bereits deutliche Unterschiede im Stickstoffhaushalt der Blätter bemerkbar. Der Eiweiß-N zeigt die geringsten Werte bei völligem CO₂-Mangel, die höchsten bei 3% CO₂; der lösliche N fällt umgekehrt mit steigenden CO₂-Gaben ab. Im Gesamt-N scheint ein gewisser Anstieg bei der stärksten CO₂-Gabe vorzuliegen. Daß im Gesamt-N keine besonders hohen Ausschläge vorliegen, ist verständlich, da Eiweiß-N und löslicher N sich gegenseitig verändern. Die Trockensubstanz weist mit zunehmendem CO₂-Gehalt eine Erhöhung auf.

Das Ergebnis des Versuches ist in Tabelle 2 nochmals so zur Darstellung gekommen, daß der Stickstoffgehalt auf das einzelne Blatt als Vergleichseinheit bezogen wurde.

Tabelle 2.
Stickstoffgehalt und Frischgewicht des einzelnen Weizenblattes nach
viertägigem Aufenthalt unter Glocken mit steigendem CO₂-Gehalt.
(Durchschnitt der verarbeiteten Blätter.)

% CO ₂ (T. A.- Konz.)	Gefundene Werte				Relative Werte ²⁾			
	1	2	1 + 2	Frisch- gewicht	1	2	1 + 2	Frisch- gewicht
	Eiweiß-N	Löslicher N	Gesamt-N		Eiweiß-N	Löslicher N	Gesamt-N	
	mg	mg	mg	mg				
0	0,429	0,122	0,551	141	90	125	96	97
0,03	0,477	0,098	0,575	146	100	100	100	100
0,3	0,486	0,088	0,574	149	102	91	100	103
3	0,506	0,084	0,590	142	107	86	103	98

¹⁾ Bezogen auf Frischgewicht.

²⁾ Bezogen auf den Durchschnitt der jeweiligen Bestimmungen (= 100).

Auch bei dieser Art der Berechnung sehen wir einen deutlichen Anstieg des Eiweiß-N, weiter einen besonders starken Abfall des löslichen N mit steigenden CO_2 -Gaben. Der Gesamt-N weist eine schwache Erhöhung auf, während das Frischgewicht keine gesetzmäßigen Änderungen erkennen läßt.

Die Ergebnisse der in gleicher Weise mit zehntägiger Versuchsdauer durchgeführten Versuchsreihen sind in den Tabellen 3 und 4 wiedergegeben.

Tabelle 3.

Stickstoffgehalt und Trockensubstanz junger Weizenblätter nach zehntägigem Aufenthalt unter Glocken mit steigendem CO_2 -Gehalt.

% CO_2 (T. A.- Konz.)	Gefundene Werte ¹⁾					Relative Werte ²⁾				
	1	2	1 + 2	3	Trocken- substanz	1	2	1 + 2	3	Trocken- substanz
	Ei- weiß- N	Lös- licher N	Ge- samt- N	Ge- samt- N		Ei- weiß- N	Lös- licher N	Ge- samt- N	Ge- samt- N	
	‰	‰	‰	‰	‰					
0	2,34	1,15	3,49	4,00	7,43	83	151	97	101	93
0,03	2,62	0,76	3,38	4,14	7,43	93	100	94	104	93
0,3	2,56	0,66	3,22	3,58	7,42	91	87	90	90	93
3	3,13	0,66	3,79	4,02	8,47	111	87	105	101	107
6	3,48	0,59	4,07	4,13	9,05	123	78	113	104	114

Tabelle 4.

Stickstoffgehalt und Frischgewicht des einzelnen Weizenblattes nach zehntägigem Aufenthalt unter Glocken mit steigendem CO_2 -Gehalt.
(Durchschnitt der verarbeiteten Blätter.)

% CO_2 (T. A.- Konz.)	Gefundene Werte				Relative Werte ²⁾			
	1	2	1 + 2	Frisch- gewicht	1	2	1 + 2	Frisch- gewicht
	Eiweiß- N mg	Löslicher N mg	Gesamt-N mg		Eiweiß- N	Löslich. N	Gesamt- N	
0	0,341	0,178	0,519	146	87	163	103	104
0,03	0,351	0,101	0,452	134	89	93	90	96
0,3	0,376	0,097	0,473	147	95	89	94	105
3	0,434	0,091	0,525	138	110	84	104	99
6	0,466	0,079	0,545	134	118	72	108	96

Die bereits nach viertägiger Dauer beobachteten Gesetzmäßigkeiten treten nunmehr in ganz ausgesprochener Weise zutage: bei CO_2 -freier Anzucht hat der Eiweiß-N besonders tiefe Werte (relativ 83 bzw. 87), während der lösliche N anormal gesteigert scheint (je nach Bezugsgröße relativ 151 bzw. 163). Die höchsten Werte für Eiweiß-N (relativ 123

¹⁾ Bezogen auf Frischgewicht.

²⁾ Bezogen auf den Durchschnitt der jeweiligen Bestimmungen (= 100).

bzw. 118), gleichzeitig den geringsten Gehalt an löslichem N (relativ 78 bzw. 72) haben wir umgekehrt bei der stärksten CO_2 -Gabe von 6 ‰. Wie vor allem die je Blatt gefundenen Mengen von Eiweiß-N und löslichem N zeigen, verteilen sich Anstieg von Eiweiß-N und Abfall von löslichem N über die ganze Breite der gewählten CO_2 -Intervalle von 0 bis 6 ‰.

Der Gesamt-N kann im Hinblick auf das gegensinnige Verhalten von Eiweiß-N und löslichem N keine starken Unterschiede hervortreten lassen; immerhin ist eine schwache Steigerung bei den hohen Kohlen-säuregaben unverkennbar. Der Trockensubstanzgehalt zeigt bei den höheren CO_2 -Konzentrationen einen deutlicheren Anstieg; das Frischgewicht läßt wohl gewisse Schwankungen erkennen, die sich aber kaum als Gesetzmäßigkeiten auffassen lassen. Die früher (8) bei allerdings wesentlich längerer Versuchsdauer beobachteten Wachstumsstörungen kommen in den hier ermittelten Frischgewichtswerten höchstens insoweit zum Ausdruck, als vielleicht bei einem CO_2 -Gehalt von 6 ‰ eine gewisse Depression angenommen werden darf.

Die Hauptwirkung einer verschiedenen CO_2 -Ernährung liegt also in der Verschiebung der einzelnen Stickstofffraktionen; um das Bild zu vervollständigen, sind in Tabelle 5 und Abb. 1 noch die Verhältnisswerte von Eiweiß-N : löslichem N (relative Eiweißwerte) in Abhängigkeit vom CO_2 -Gehalt der Luft wiedergegeben.

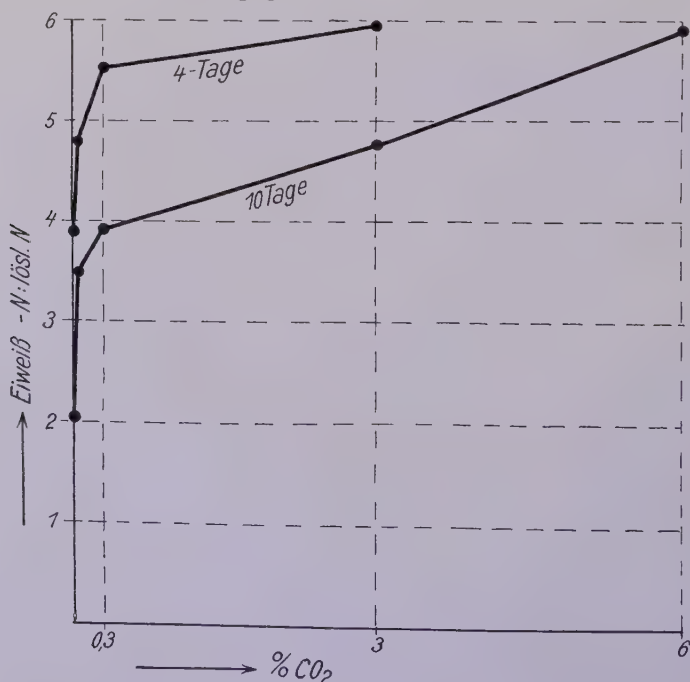


Abb. 1.

Der Quotient Eiweiß-N : löslichem N bei Anzucht der Weizenpflanzen in verschiedenem CO_2 -Gehalt.

Mit steigenden CO_2 -Gaben ergibt sich eine eindeutige Verschiebung des Verhältnisses Eiweiß-N:löslichem N zugunsten des Eiweiß-N. Die Unterschiede sind schon nach viertägiger Versuchsdauer deutlich und werden nach zehntägiger Einwirkung verschiedenen CO_2 -Gehaltes auffallend stark, indem hier bei CO_2 -freier Ernährung ein Verhältnis von 67,1:32,9, bei 6% CO_2 aber ein solches von 85,5:14,5 vorliegt. Die Kurve des Verhältnisses Eiweiß-N:löslichem N weist keine Unstetigkeiten auf; sie fällt von dem bei hohem CO_2 -Gehalt vorliegenden Maximalwert aus betrachtet zuerst gleichmäßig langsam, bei Annäherung an die CO_2 -freie Ernährung rascher ab.

Tabelle 5.

Verhältnis von Eiweiß-N : löslichem N nach vier- und zehntägigem Aufenthalt der Weizenpflanzen unter Glocken mit steigendem CO_2 -Gehalt.

% CO_2 (T. A.-Konz.)	Nach viertägigem Aufenthalt	Nach zehntägigem Aufenthalt
	Eiweiß-N : löslichem N	Eiweiß-N : löslichem N
0	79,5 : 20,5 = 3,88	67,1 : 32,9 = 2,04
0,03	82,7 : 17,3 = 4,78	77,6 : 22,4 = 3,46
0,3	84,7 : 15,3 = 5,53	79,6 : 20,4 = 3,90
3,0	85,6 : 14,4 = 5,94	82,6 : 17,4 = 4,75
6,0		85,5 : 14,5 = 5,90

Besprechung der Ergebnisse.

Die rein physiologische Deutung der vorstehenden Versuche macht keine Schwierigkeiten; wir wissen vor allem aus den Arbeiten von Prjanischnikow (12), aber auch anderer Autoren (Mothes, 11, Engel 1, Mevius und Engel 10 u. a.), daß ungenügende Kohlehydratbildung, wie wir sie ohne weiteres bei fehlenden oder zu geringen CO_2 -Gaben annehmen dürfen, die Voraussetzungen für die Eiweißsynthese verschlechtert und so zu Anreicherungen löslicher N-Verbindungen führt. Ebenso entspricht die Tatsache, daß die Steigerung der Assimilationsleistung durch Erhöhung der CO_2 -Zufuhr infolge der nunmehr möglichen stärkeren Synthese von C-Verbindungen mit löslichem Stickstoff zu einer Steigerung des Eiweißgehaltes führt, allen unseren sonstigen Vorstellungen und Erfahrungen.

Wir brauchen hier also nur die Bedeutung der erhaltenen Befunde für das Rostresistenzproblem und die früher beobachteten Änderungen des Rostbefalles zu besprechen. Hierbei sind zwei Erscheinungen getrennt zu behandeln: die Steigerung der Rostanfälligkeit bzw. die Erhöhung des Rostbefalles durch mäßige CO_2 -Gaben und die schließliche Unterdrückung des Rostauftretens durch zu weit getriebene Steigerung der CO_2 -Gaben.

Der erste Fall liegt ebenfalls sehr einfach; er stellt kein Novum dar, sondern ist nur ein weiteres Beispiel für den schon früher erbrachten

Nachweis, daß steigender N-Gehalt, insbesondere erhöhter Eiweißgehalt, die Anfälligkeit gegen Rostpilze in positivem Sinne beeinflußt (3, 4, 5, 6, 7). Über den Weg, auf dem sich ein solches Zusammenspiel von Eiweißgehalt und Resistenzverschiebungen vollziehen kann, brauchen wir an dieser Stelle nicht nochmals zu diskutieren, nachdem in einer gleichzeitig erscheinenden Arbeit die bestehenden Möglichkeiten ausführlich besprochen sind (Gaßner und Hassebrauk, 7).

Die in der vorstehenden Arbeit enthaltenen Ergebnisse scheinen uns in Vergleich mit den früheren, mit genau gleicher Methodik durchgeführten Rostversuchen nun insoweit von allgemeinem Interesse, als sie erneut darauf hinweisen, daß der Schwerpunkt der Resistenzänderungen im Eiweißgehalt zu suchen ist. Denn der Gesamt-N erfährt beim Übergang zu geringen CO₂-Gaben (0,03 % T. A.-Konz.) bzw. zu CO₂-freier Kultur, also zu Bedingungen schlechteren bzw. fehlenden Rostbefalles keine gesetzmäßige Herabsetzung; was sich aber stark ändert, ist der Eiweißgehalt bzw. das sich stark nach unten verschiebende Verhältnis von Eiweiß-N zu löslichem N.

Während es also ohne weiteres möglich ist, die bei Verbesserung der CO₂-Versorgung vorliegende Steigerung des Rostbefalles zu Änderungen des N-Haushaltes der Blätter in Beziehung zu bringen und so in den allgemeinen Rahmen des Resistenzproblems einzupassen, bereitet die Erklärung der bei weiterer Erhöhung des CO₂-Gehaltes beobachteten Rostunterdrückung nach wie vor Schwierigkeiten. Hier kommen wir auf Grund der durchgeführten Analysen zunächst nur zu der negativen Feststellung, daß sich die Verschlechterung des Rostbefalles durch hohe CO₂-Gaben nicht durch den Stickstoffhaushalt der Blätter erklären läßt, zum mindesten nicht den quantitativen Änderungen von Eiweiß-N und löslichem N parallel geht. Nach den früheren Feststellungen (8) liegen die optimalen CO₂-Konzentrationen für die verschiedenen Rostarten zwischen 0,15 und 0,75 % T. A.-Konzentration. Die oberen Grenzkonzentrationen, bei denen es wohl noch zu Verfärbungen, dagegen nicht mehr zur Ausbildung von Rostlagern kommt, liegen für die einzelnen Rostarten zwischen 3 und 6 % CO₂. Im obigen ist nun aber nachgewiesen, daß die Eiweißbildung bis zur höchsten von uns untersuchten Konzentration von 6 % weiter ansteigt, und daß sich noch gar keine Anzeichen dafür erkennen lassen, daß bei 6 % schon das Maximum der Eiweißbildung erreicht sein könnte. Wir können also unmöglich den Rückgang und die Unterdrückung des Rostbefalles mit den sonst für Resistenzsteigerungen in Betracht gezogenen Verschlechterungen des Eiweißhaushaltes in Beziehung bringen.

Alle Einzelheiten deuten vielmehr darauf hin, daß es sich bei der Wirkung hoher CO₂-Konzentrationen um ganz andersartige Vorgänge handelt, die nicht unter den Begriff der Anfälligkeitsänderungen fallen. Die bei übermäßiger CO₂-Ernährung vorliegenden Infektionsbilder sind

so abweichend, daß die übliche Beurteilung nach Infektionstypen nicht durchführbar scheint. Soweit Verfärbungen vorliegen, handelt es sich meist um die Bildung weißer Flecken, die wir sonst nicht kennen; vor allem vollzieht sich der bei anfälligen Sorten mit steigenden CO_2 -Gaben vorliegende Übergang von voller Pustelbildung zu äußerlich fehlendem Infektionserfolg nicht über die bekannten Zwischenstufen resistenter Infektionstypen. Wir können also auf keinen Fall den Schluß ziehen, daß die Beeinflussung des Rostbefalles durch hohe CO_2 -Gaben eine Ausnahme von der sonst beobachteten Regel darstellt, wonach die Verbesserung des Stickstoffhaushaltes der Blätter die Anfälligkeit gegen Rost erhöht.

Zusammenfassung.

1. Bei Steigerung des CO_2 -Gehaltes der Luft von 0 auf 6 % CO_2 nimmt der Eiweißgehalt junger Weizenblätter zu, der lösliche Stickstoff entsprechend ab, wobei sich das Verhältnis Eiweiß-N : löslichem N stark zu gunsten des ersteren verschiebt. In CO_2 -freier Atmosphäre haben wir einen besonders hohen Gehalt an löslichem Stickstoff. Die Steigerung des Eiweißgehaltes durch Erhöhung des CO_2 -Gehaltes gilt für die ganze Spanne von 0 bis 6 % CO_2 .
 2. Die früher festgestellte Tatsache, daß Rostbefall und Anfälligkeit durch unzureichende CO_2 -Versorgung verschlechtert, durch Verbesserung des CO_2 -Gehaltes erhöht werden, läßt sich ungezwungen mit der Steigerung des Eiweißgehaltes in Zusammenhang bringen.
 3. Dagegen lassen sich die nachgewiesenen quantitativen Änderungen des Eiweißgehaltes und die Erhöhung des Quotienten Eiweiß-N : löslichem N nicht zur Erklärung der früher ebenfalls beobachteten Tatsache heranziehen, daß hohe CO_2 -Gaben zu schweren Störungen jeder Rostinfektion führen und den Rostbefall unterdrücken. Es handelt sich hierbei sichtlich nicht um Änderungen des Resistenzverhaltens, sondern um ganz andersartige Erscheinungen, in welche uns daher die Betrachtung des Stickstoffhaushaltes der Blätter keinen unmittelbaren Einblick geben kann.
-

Schriftenverzeichnis.

- 1 Engel, H. Beiträge zur Kenntnis des Stickstoffumsatzes grüner Pflanzen. *Planta* **7**, 1929, S. 133—164.
 - 2 Gaßner, G. Die Frage der Rostanfälligkeit als ernährungsphysiologisches Problem. *Angew. Bot.* IX., 1927, S. 531—541.
 - 3 Gaßner, G. und Franke, W. Der Stickstoffhaushalt junger Weizenpflanzen in seiner Abhängigkeit von der Mineralsalzernährung. *Phytopath. Zeitschr.* VII, 1934, S. 187—222.
 - 4 Gaßner, G. und Franke, W. Ueber den Einfluß der Temperatur auf Stickstoffgehalt und Rostresistenz junger Getreidepflanzen. *Phytopath. Zeitschr.* VII, 1934, S. 315—326.
 - 5 Gaßner, G. und Hassebrauk, K. Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Mineralsalzernährung und Verhalten der Getreidepflanzen gegen Rost. *Phytopath. Zeitschr.* III, 1931, S. 535—617.
 - 6 Gaßner, G. und Hassebrauk, K. Der Einfluß der Mineralsalzernährung auf das Anfälligkeitsverhalten der zur Rassenbestimmung von Getreiderosten dienenden Standardsortimente. *Phytopath. Zeitschr.* VII, 1934, S. 63—72.
 - 7 Gaßner, G. und Hassebrauk, K. Untersuchungen über den Einfluß von Aether- und Chloroformnarkose auf das Rostverhalten junger Getreidepflanzen. *Phytopath. Zeitschr.* XI, 1938, S. 47—97.
 - 8 Gaßner, G. und Straib, W. Untersuchungen über die Abhängigkeit des Infektionsverhaltens der Getreiderostpilze vom Kohlensäuregehalt der Luft. *Phytopath. Zeitschr.* I, 1929, S. 1—30.
 - 9 Mains, E. B. The relation of some rusts to the physiology of their hosts. *Americ. Journ. of Botany* 4, 1917, p. 179.
 - 10 Mevius, W. und Engel, H. Die Wirkung der Ammoniumsalze in ihrer Abhängigkeit von der Wasserstoffionenkonzentration. *Planta* **9**, 1929, S. 1—83.
 - 11 Mothes, K. Ein Beitrag zur Kenntnis des N-Stoffwechsels höherer Pflanzen. *Planta* **1**, 1926, S. 472—552.
 - 12 Prjanischnikow, D. Ueber die äußeren und inneren Bedingungen der Ausnutzung des Ammoniakstickstoffes durch die Pflanzen. *Zeitschr. f. Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde*, A, **30**, 1933/34, S. 38—82, **33**, 1934, S. 134—169.
 - 13 Ward, H. M. Recent researches on parasitism of fungi. *Ann. of Botany*, **19**, 1905, p. 1.
-

Kurze Mitteilungen.

Aus der Bundesanstalt für Pflanzenschutz in Wien.

Botrytis cinerea als Erreger einer Fleckenkrankheit der *Cyclamen*-Blüten.

Von Hans Wenzl.

Mit einer Abbildung.

Der Grauschimmelpilz *Botrytis cinerea* ist auch bei *Cyclamen* bereits seit langem als Erreger von Fäulniserscheinungen an Knollen, Blättern, jungen Knospen, Blütenstielen und Blüten bekannt; das Auftreten wird durch ungünstige Witterung, übermäßige Feuchtigkeit, mangelnde Durchlüftung der Kulturräume sowie überreiche Stickstoffdüngung gefördert.

Botrytis vermag jedoch noch in anderer Form stark schädigend aufzutreten: Auf den Blüten entstehen als Folge von Einzelinfektionen Fleckenerkrankungen („Pocken“, „Blütenfeuer“), wie sie am besten von den Tulpen bekannt sind. An Narzissen zeigt sich eine ähnliche Erscheinung, und auch bei Rosen und *Hibiscus* wurden solche durch *Botrytis cinerea* verursachte Flecken festgestellt (Wenzl, Gartenbauwissenschaft 11, 1937, 462).

Als Folge der ungünstigen, kalten und regnerischen Witterung im Spätsommer und Herbst 1937 trat *Botrytis* in Österreich sehr stark auf: nicht nur an reifenden Weintrauben, sondern auch an Zierpflanzen unter Glas. Bei *Cyclamen* war neben der gewohnten Erscheinungsform als Fäulnis vor allem der jungen Knospen auch eine Fleckenerkrankung der bereits offenen Blüten festzustellen, die in allen Einzelheiten den durch *Botrytis parasitica* verursachten „Pocken“ der Tulpen gleicht. Die Vermutung, daß es sich um *Botrytis*-Befall handle, wurde durch die nähere Untersuchung bestätigt.

Die rundlichen oder in der Richtung der Nervatur elliptisch gestreckten Flecken haben meist einen Durchmesser von 2–3 mm. Junge Infektionen deuten sich durch eine verstreut auftretende punktförmige Rotfärbung an; die Befallstellen werden größer, ihr Zentrum stirbt ab und wird vorerst wässrig-



Abb. 1.

farblos und später schmutzig graubraun. Die toten Teile bleiben von einem Hof rot gefärbter, lebender Zellen umgeben. Diese pathologische Anthokyanbildung kommt selbstverständlich nur bei weißen und hellrot blühenden Sorten vor; bei dunkelroten Cyclamen tritt die Krankheit in Form wässrig-durchscheinender mißfarbiger Flecken in dem schon an sich tiefrot gefärbten Gewebe auf; liegen sie sehr dicht beisammen, so sterben ganze Corollblätter und endlich auch die gesamte Blüte ab.

Mikroskopisch zeigt sich an den erkrankten Teilen ästig verzweigtes Myzel, das vom Infektionszentrum radial ausstrahlt, ein ganz ähnliches Bild, wie es auch bei Tulpen- und Rosenbotrytis zu beobachten ist. Bringt man fleckige Cyclamenblüten in einen entsprechend feuchten Raum, so treten regelmäßig an den sich rasch vergrößernden abgestorbenen Partien die charakteristischen Botrytis-Rasen auf. Die Konidien messen im Durchschnitt $11-13 \times 9-10 \mu$. Der Pilz ist zweifellos zum Formenkreis der *Botrytis cinerea* zu rechnen.

Die Krankheit trat im Herbst 1937 in Wiener Gärtnereien sehr verbreitet und teilweise beträchtlich schädigend auf — vor allem auch infolge der Vernichtung zahlreicher junger Knospen. Ob das Vorkommen dieser neuen Erscheinungsform bloß eine Folge der äußerst ungünstigen Witterung oder auch der Ausdruck einer allmählich sich steigernden parasitologischen Wertigkeit des Pilzes ist, kann erst die Erfahrung der kommenden Jahre lehren.

Wie die Durchsicht der Handbücher der Zierpflanzenkrankheiten und der zur Verfügung stehenden Spezialliteratur ergab, ist die vorliegende Erscheinungsform für Cyclamen noch nicht beschrieben worden. Es sei an dieser Stelle jedoch vermerkt, daß die Fleckung der Cyclamenblüten unabhängig von meiner Feststellung auch von Herrn Dr. R. Fischer (Bundesanstalt für Pflanzenschutz, Wien) beobachtet und als durch *Botrytis* hervorgerufen erkannt wurde.

A. Storck (Möllers Deutsche Gärtnerzeitung 48, 1933, 259) beschrieb für *Cyclamen* eine durch *Botrytis* bewirkte „Braunfleckenkrankheit“. Es ist aber nicht angegeben, ob sich der Befall auf den Blüten oder auf den Blättern zeigte. Da die *Botrytis*-Flecken der Blüten kaum zur Benennung „Braunfleckenkrankheit“ Anlaß geben können — die Gärtner bezeichnen eine solche Erscheinung im allgemeinen als „Pocken“ — ist es wahrscheinlich, daß die „Braunfleckenkrankheit“ lediglich die Blätter befällt. Nach Storck sind Verbrennungen durch die Linsenwirkung von Wassertropfen die erste Ursache der von ihm beschriebenen Erscheinung; *Botrytis* soll erst sekundär hinzutreten. Dies trifft für die beschriebene Fleckenkrankheit der Blüten sicher nicht zu. Schon nach der Lage vieler Flecken ist eine schädigende Linsenwirkung etwaiger aufsitzender Wassertropfen ausgeschlossen. *Botrytis cinerea* muß als primärer Erreger gelten.

Besprechungen.

Dean, H. L. Gall formation in host plants following haustorial invasion by *Cuscuta*. Amer. Journ. Bot. **24**, 167—173, 1937.

Verf. hat beobachtet, daß viele Arten von *Cuscuta* (*C. rostrata*, *C. glomerata*, *C. Gronowii*, *C. Polygonorum*, *C. indecora*) an ihren Wirtspflanzen Gallen hervorrufen können. Er spricht von primären Gallen, wenn die Neubildungen des Wirtsgewebes als Reaktion auf die Angriffe des Keimlings von *Cuscuta* entstehen; wenn in den späteren Phasen nach Bildung von Haustorien die Wirtspflanze Gallen bildet, bezeichnet Verf. sie als sekundäre. Die ersteren sind kugelig und knollenähnlich, die sekundären können in der Form sehr wechseln. Die Beobachtungen, die im freien Lande gemacht wurden, ergänzte Verf. durch zahlreiche Gewächshausversuche. Die größten Gallen (27 mm Durchmesser) fand Verf. an *Helianthus grosseserratus*. Die Konsistenz der Gallen ist verschieden — bald saftig, bald holzig.

Verf. erwähnt die Mitteilungen von Thomson (Nature 1925) über die Gallenbildungen der *Cuscuta*. Diese sind aber doch wohl weiter verbreitet und öfter beobachtet worden, als Verf. meint. Nachdem Gertz an leicht zugänglicher Stelle (Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft 1918) die Literatur über *Cuscuta*-Gallen zusammengestellt hat, hätten auch die Beobachtungen von Schacht (1854), Mirande (1900) und von Gertz selbst nicht unerwähnt bleiben sollen.

Fraglich bleibt, ob die vom Verf. beobachteten Gallen mit ihren Eigenschaften den Wundgeweben gleichzustellen sind oder mit irgendwelchen Strukturen über die letzteren hinausgehen. Die schönen Abbildungen, die Verf. gibt, lassen die *Cuscuta*-Gallen den Wundgeweben sehr ähnlich erscheinen, und auch die von früheren Autoren für die *Cuscuta*-Gallen beschriebenen Steinzellenbildungen scheinen mir einen solchen Vergleich mit den Wundbildungen nicht unzulässig zu machen. Allgemein bekannt ist die Tatsache, daß *Cuscuta* an vielen Wirten keinerlei Gallenbildung hervorruft; welche Bedingungen erfüllt sein müssen, damit auf die vom Schmarotzer ausgehenden Angriffe der Wirt mit der Bildung von reichlich wucherndem Gewebe reagiert, bedarf der weiteren Forschung.

Küster (Gießen).

Maresquelle, H. J. Observations sur les pousses anormales des Saules, dites „Wirrzöpfe“. Bull. Assoc. Philomathique d'Alsace et de Lorraine 1935—1936 t. 8, p. 213—217.

Verf. hat die an *Salix alba* überaus reichlich beobachteten Wirrzöpfe einer genauen morphologischen Analyse unterzogen. Hinsichtlich der Ätiologie der Wirrzöpfe schließt er sich der 1924 von Nalepa vorgetragenen Auffassung an, nach welcher als Erreger der Galle *Eriophyes triradiatus typicus* anzusprechen ist; die Urheberschaft der Milben wird freilich dadurch schwer erkennbar, daß später in großen Scharen Milben verschiedener Art zugleich mit Blattläusen in die Wirrzöpfe einwandern. — Verf. vergleicht die Wirrzöpfe, die aus männlichen und weiblichen Kätzchen hervorgehen, mit denjenigen, die sich von vegetativen Sprossen der Weide herleiten; er untersucht namentlich die Wirkung der Milben auf die Staub- und Fruchtblätter der Blüten und findet, daß die

„castration parasitaire“ des Wirtes auf verschiedene Weise vor sich geht: entweder werden die Reproduktionsorgane in vegetative Organe umgeformt oder sie abortieren völlig — offenbar unter den korrelativen Einwirkungen irgendwelcher in ihrer Nähe entstehenden vegetativen Sprößchen. Dieser Wechsel im Schicksal der Reproduktionsorgane spielt nach Verf. sicherlich auch bei vielen anderen Blütengallen eine ähnliche Rolle wie bei den Wirrzöpfen. Küster.

Maresquelle, H. J. Quelques observations sur les phénomènes d'inhibition d'origine cécidogène (Mélanges dédiées au Prof. Luc. Daniel, Rennes 1936, p. 393—400).

Auf diejenigen Vorgänge der Gallenbildung, die als Hemmung der im normalen Entwicklungsgang der infizierten Pflanzenorgane sich abspielenden Prozesse aufzufassen sind, hat Verf. schon in früheren Publikationen wiederholt hingewiesen. Die vorliegende Mitteilung geht auf einige Fälle ein, in welchen die hemmende Wirkung der Infektion bald bescheiden bleibt, bald auffällig stark wird — je nach der Phase der Entwicklung des Pflanzenorganes, in der die Infektion stattgefunden hat: je früher die Infektion stattfindet, um so stärker können sich die Hemmungen des Wachstums auswirken (*Epirimerus trilobus* u. a.).

Küster.

Maresquelle, H. J. Les processus fondamentaux de la cécidogénèse. (Ann. sc. nat., Botanique, Sér. X, t. 19, 1937, p. 379—392.)

Eine Analyse der bei der Gallenbildung sich kombinierenden Wachstumsvorgänge ist schon wiederholt versucht worden. Verf. nimmt sich aufs neue der schwierigen Aufgabe an.

Den sehr viele Gallenbildungen in hervorragendem Maße kennzeichnenden Teilvorgang findet Verf. in der Hypertrophie, einen zweiten sehr bedeutungsvollen in der Hemmung der beim normalen Entwicklungsgang sich abspielenden Vorgänge; zu denjenigen Erscheinungen der Zecidogenese, die sich auf Hemmung zurückführen lassen, rechnet Verf. auch die Vorgänge der Vergrünung, bei der statt farbiger Blumenblätter und statt der Fortpflanzungsorgane der Blüte Laubblättchen entstehen, sowie die Rückkehr der Blätter zu ihrer Jugendform. Eine dritte Gruppe faßt Verf. als „phénomènes d'adaptation“ zusammen — hierher gehören diejenigen Vorgänge des Wachstums und der Differenzierung, die als zweckmäßige Bildungen und insbesondere als Äußerungen der von Becher erläuterten „fremddienlichen Zweckmäßigkeit“ schon oft beschrieben worden sind: Versorgung der Gallen mit Leitbündeln, ihre Ausstattung mit Nährgewebe, Bildung einer Larvenhöhle, Entwicklung von Öffnungsmechanismen usw. Zutreffend wählt Verf. als besonders lehr- und problemreich die Entwicklungsgeschichte der Galle von *Adelges abietis*; um an ihr die Phänomene der drei Phasen — Hemmung, Hypertrophie, Anpassung — zu erläutern; Teilvorgänge der ersten Gruppe sieht Verf. in der Verkürzung der Internodien, der Hemmung der Blattbildung, der bescheidenen histologischen Differenzierung; Teilvorgänge der zweiten Gruppe erkennt er im Anschwellen der Achse und Blattanlagen, solche der dritten in der Bildung der Höhlen, der mechanischen Gewebe, der Öffnungsmechanismen. Die Reihenfolge, in der sich die Teilvorgänge der drei Gruppen abspielen, ist nicht immer dieselbe wie bei den Gallen von *Adelges*:

Verf. erinnert an die Ausbildung der Gallen von *Perrisia carpinii* auf *Carpinus Betulus*, bei der zuerst „positive Phänomene“, Ausbildung der Larvenhöhle usw. sich abspielen; später werden die hemmenden Wirkungen der Infektion erkennbar.

Verf. erinnert bei seiner Analyse an die vom Ref. empfohlene Unterscheidung von kataplasmatischen und prosoplasmatischen Gallen; bei jenen bleibt die Differenzierung hinter der normalen zurück, bei diesen geht sie über die normale hinaus und folgt ihren eigenen Wegen und Gesetzen. Wenn Verf. diese Einteilung der Gallen für wenig brauchbar hält („peu intéressante“), da so viele Gallen nebeneinander kataplasmatische und prosoplasmatische Züge erkennen lassen, so darf zur Rechtfertigung der seinerzeit vom Ref. gemachten Vorschläge daran erinnert werden, daß Unsicherheit und Übergangsbildungen bei dieser Einteilung ebenso wenig ausbleiben wie bei irgendeiner anderen (organoide und histioide Gallen!), andererseits das Fehlen prosoplasmatischer Züge die kataplasmatischen Gallen sicher genug kennzeichnet, um die Einteilung nicht entwertet erscheinen zu lassen.

Verf. erwägt, ob die von gallenbildenden Parasiten veranlaßte Hypertrophie zu den prosoplasmatischen oder kataplasmatischen Prozessen zu stellen ist; er läßt die Frage unentschieden und empfiehlt statt der Unterscheidung kata- und prosoplasmatischer Teilprozesse seine oben erläuterte Dreiteilung. Bedenklich will bei dieser dem Ref. scheinen, daß die erste und zweite Gruppe des Verf. auf entwicklungsgeschichtlichen Feststellungen begründet sind, die Umgrenzung der dritten Gruppe aber ohne finale Erwägungen wohl nicht auskommen kann.

Ref. hat schon früher darauf aufmerksam gemacht, daß eine Analyse der bei der Gallenbildung sich kombinierenden Vorgänge nicht ohne Berücksichtigung anderer abnormer Gewebebildungen des Pflanzenkörpers durchgeführt werden sollte. Die Vorgänge der Hemmung, die Verf. für so viele Gallen studiert hat, sind auch von vielen anderen pathologischen Bildungen der Pflanze her wohlbekannt; dasselbe gilt für die Erscheinungen der Zellenproliferation oder Hypertrophie, durch welche so viele Gallen typisch entwickelten Wundgeweben oftmals so ähnlich werden, daß sie von diesen zu unterscheiden schwer fällt. Die Vorgänge der prosoplasmatischen Differenzierung dagegen, die sich zum großen Teil mit den in des Verf. dritter Gruppe vereinigten Teilvorgängen decken, sind bisher nur aus dem Reich der Gallen bekannt geworden. Küster.

Claus, O. Stoffwechseluntersuchungen an Zooezidien. Dissertation Rostock. 1937.

Mit dem Verf. müssen es die Phytopathologen sehr beklagen, daß sie über die Stoffwechselvorgänge erkrankter Pflanzenorgane und Pflanzengewebe, insbesondere über ihre Assimilations- und Atmungstätigkeit so unvollkommen unterrichtet sind; die Pathologie der tierischen Gewebe (Karzinomforschung!) ist in diesem Punkte weit vorausgeeilt. Die vorliegende Arbeit bringt einige Leitsätze zu dem allzu wenig bearbeiteten Kapitel und unterrichtet über Stoffgehalt und Stoffwechsel einiger Gallen (*Mikiola fagi* und *Hartigiola annulipes* auf *Fagus*, *Pontania capreae* und *P. viminalis* auf *Salix*). Es wird festgestellt, daß die Gallen sich nicht nur quantitativ in ihrem Gehalt an Kohlenhydraten von den normalen Wirtsorganen unterscheiden, sondern auch qualitativ: Saccharose fehlt den *Fagus*-Gallen; in den Blättern tritt sie auf. Starke Stoffspeicherung kenn-

zeichnet die *Pontania*-Gallen; sie wird vermißt bei den Buchengallen. Die von anderen Autoren für Gallen in Anspruch genommene starke Erhöhung der Atmungs-tätigkeit konnte Verf. für seine Objekte nicht bestätigen. Küster.

Lehmann, E., Kummer, H., Dannemann, H. Der Schwarzrost, seine Geschichte, seine Biologie und seine Bekämpfung in Verbindung mit der Berberitzenfrage. 584 Seiten, mit 87 Textabbildungen und 1 Farbtafel. Verlag J. F. Lehmann, München/Berlin, 1937. Preis geh. 26,—, Lwd. 28,— RM.

Das vorliegende Buch ist aus den Untersuchungen der Verfasser über die Verbreitung der Berberitze in Württemberg und das Berberitzenproblem herausgewachsen; so ist es verständlich und erscheint im übrigen auch sachlich berechtigt, daß die sich auf die Berberitzenfrage beziehenden Ausführungen einen wesentlichen Teil des Buches, rund ein Drittel des Buchumfanges einnehmen.

Der größere Teil des Buches enthält eine Gesamtdarstellung des Schwarzrostproblems und behandelt damit Gebiete, auf denen die Verfasser bisher nicht selbst forschend gearbeitet haben; sie mußten sich hier daher ausschließlich auf die Arbeiten anderer Autoren stützen. Das kann ein Nachteil, kann aber auch ein Vorteil sein; im vorliegenden Falle fällt das Urteil zugunsten der Verfasser aus, die sich voll und ganz in die gesamte Materie eingearbeitet haben und nunmehr vielleicht gerade wegen der mangelnden „Vorbelastung“ durch eigene Arbeiten eine objektive und weitgehend ausgeglichene Darstellung der bisherigen Arbeiten und des gegenwärtigen Standes unserer Kenntnisse über den Schwarzrost geben konnten und gegeben haben. So besitzen wir in dem vorliegenden Buch nunmehr eine gute Übersicht des Schwarzrostproblems, die schon im Hinblick auf die angestrebte Vollständigkeit der Literaturangaben auch vom Spezialisten gern gesehen und benutzt werden wird, während die allgemeinen und historischen Ausführungen mehr geeignet scheinen und auch wohl dazu bestimmt sind, das Interesse der berufenen landwirtschaftlichen und amtlichen Stellen zu wecken.

Daß das Buch sich als umfassendes Sammel- und Quellenwerk an einen möglichst großen und daher auch ungleichartigen Leserkreis wendet, ist verständlich und geht auch aus der gewählten Darstellung und vielfach sogar aus der Ausdrucksweise hervor. So sind einige Hauptüberschriften des eigentlichen Berberitzenkapitels „Die geschichtliche Anklage gegen die Berberitze“, „Vom Irrtum zur Wahrheit“, „Der Dunstkreis der Berberitze“ sichtlich auf einen anderen Leserkreis berechnet als etwa Inhalt und Kapitelbezeichnungen im Abschnitt „Biologie des Schwarzrostparasitismus“, unter denen „Die an den Roggen-testvarietäten auftretenden Reaktionsklassen und Infektionstypen“ oder „Die Biotypenbildung durch „Selbstung“ heterozygoter Biotypen“ als Beispiele rein wissenschaftlicher Ausdrucksweise erwähnt seien.

Bei der außergewöhnlichen Vielgestaltigkeit und dem großen Umfange der behandelten Materie kann es nicht wunder nehmen, daß die Stoffeinteilung Schwierigkeiten gemacht hat, und dies um so mehr, als offensichtlich der Wunsch und die Notwendigkeit vorlagen, die für den wissenschaftlichen Leserkreis bestimmten Darlegungen von den praktischen und geschichtlichen Ausführungen nach Möglichkeit zu trennen. Ganz war das natürlich nicht durchführbar, da

die Darlegung der wissenschaftlichen Grundlagen die Voraussetzung für das Verständnis der praktischen Maßnahmen darstellt, und da umgekehrt z. B. die Besprechung der natürlichen Verbreitung und der Überwinterung des Schwarzrostes die Arbeitsrichtung der wissenschaftlichen Untersuchungen erklärt.

So haben sich die Verfasser für die folgende Stoffeinteilung entschieden. Es enthalten die Hauptabschnitte:

- I. Eine kurze „Einleitung“.
- II. „Der Schwarzrost und seine Geschichte“, angefangen vom Altertum und endend bei der Spezialisierung und Biotypenbildung.
- III. „Die Berberitze“, eine botanische und pflanzengeographische Schilderung einschließlich der Frage der wirtschaftlichen Verwendungsmöglichkeit des Berberitzenstrauches.
- IV. „Die geschichtliche Anklage gegen die Berberitze“, eine geschichtliche Darlegung der Anschauungen über die Bedeutung der Berberitze für die Getreiderostfrage.
- V. „Die Biologie des Schwarzrostparasitismus“ mit den Hauptabschnitten „Gramineenphase“ und „Berberitzenphase“. Dieser Abschnitt stellt mit Recht das umfangreichste Kapitel des ganzen Buches dar und ist ebenso wie der folgende Abschnitt von besonderem Interesse für den fachmännisch geschulten Spezialisten.
- VI. „Epidemiologie“, ausgehend vom Sporenmaterial, von den Wirtspflanzen und ihrem Entwicklungszustand, und endend mit der Bedeutung klimatischer und sonstiger Faktoren.
- VII. „Die Verbreitung des Schwarzrostes und die Schwarzrostschäden“. Von Interesse erscheint dem Referenten vor allem die ausführliche Übersicht der Schwarzrostschäden in den verschiedenen Ländern und Erdteilen.
- VIII. „Die Bekämpfung des Schwarzrostes“ mit den Unterabschnitten: Kulturelle Maßnahmen, Züchtung resistenter Sorten, Bekämpfung auf chemischem Wege, wobei aber die Möglichkeit einer Immunisierung der Pflanzen durch Aufnahme fungizider Stoffe von den Wurzeln aus (diese Zeitschrift 1936) inhaltlich nicht mehr berücksichtigt ist, und die Berberitzenausrottung. Dieser letzte Unterabschnitt ist mit 66 Seiten verhältnismäßig umfangreich geworden, weil er nicht nur die technischen Einzelheiten und die gemachten Erfahrungen, sondern auch eine Übersicht der in den verschiedenen Ländern erlassenen Gesetze, Verordnungen und Bestimmungen in der Berberitzenfrage enthält.

Ein letztes kurzes Unterkapitel behandelt schließlich noch „die für eine erfolgreiche Schwarzrostbekämpfung in Deutschland einzuschlagenden Wege“. Hier stellen die Verfasser an die erste Stelle die Organisierung der Berberitzenausrottung, womit man ihnen Recht geben muß. Weiter werden Untersuchungen über die Windverbreitung der Uredosporen und die Feststellung der Schwarzrostbiotypen als Grundlage einer planmäßigen Resistenzzüchtung gefordert. Referent vermißt hier einen Hinweis auf die erhöhte Berücksichtigung schnellreifender Getreidesorten für gefährdete Lagen, die ein sehr wichtiges und von der umständlichen und an die Biotypenfrage gebundenen Resistenzzüchtung unabhängiges Hilfsmittel darstellen kann. Gerade die im klassischen Lande der Schwarzrost-

forschung und Schwarzrostresistenzzüchtung, nämlich in den Vereinigten Staaten von Nordamerika im Jahre 1935 erneut beobachtete schwere Schwarzrostepidemie scheint auf die Notwendigkeit hinzuweisen, der Züchtung auf Fröhreife besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden. Um Mißverständnissen vorzubeugen, sei erwähnt, daß die Verfasser an anderer Stelle (S. 167, 350 und 413) die Bedeutung der Reifezeit für die Schwarzrostgefahr durchaus richtig dargelegt haben, wobei allerdings Referent eine noch stärkere Betonung der praktischen Folgerungen gern gesehen hätte.

Der vorstehende Wunsch soll ebensowenig das Verdienst der Verfasser um die Schaffung einer zusammenfassenden und durch eine möglichst vollständige Literaturberücksichtigung ausgezeichneten Darstellung der Schwarzrostfrage herabmindern, wie das Bedauern, daß die zahlreichen Autorennamen in gewöhnlichem Druck wiedergegeben sind, wodurch ihre Auffindung im Text unnötig erschwert wird. Denn das Verdienst der Verfasser liegt ja gerade in der Zusammenfassung und Verarbeitung der Literatur. Welche Arbeit hierbei geleistet werden mußte, möge noch das Ergebnis der vom Referenten vorgenommenen Auszählung der wiedergegebenen Literaturangaben zeigen: auf 57 Seiten sind nicht weniger als 1834 Veröffentlichungen angeführt, womit wohl für ein einziges und spezielles phytopathologisches Arbeitsgebiet eine Rekordziffer erreicht ist. Es wird in der Tat immer schwieriger, den Überblick über die Weltliteratur zu behalten, wenn schon die Bewältigung eines engen Spezialgebietes einen Arbeitsaufwand erfordert, wie er in dem hier besprochenen Buche über den Schwarzrost in mehrjähriger Arbeit geleistet ist.

Gaßner.

Einige abschließende Versuche über die Wirkung der Warmbenetzungsbeize.

Von

G. Gaßner und H. Kirchhoff.

Unsere in dieser Zeitschrift erschienenen Untersuchungen über Wirkung und Ausgestaltung der Warmwasserbeize (1—6) können insofern als abgeschlossen gelten, als die von uns angeschnittenen Fragen als geklärt angesehen werden können. Wir dürfen nunmehr als bewiesen annehmen, daß sowohl für die Temperaturwirkung auf den Flugbrandpilz, wie aber auch für die Schädigung des Saatgutes der Wassergehalt des Keimlings ausschlaggebend ist. Die nähere Untersuchung der wechselseitigen Beziehungen von Wassergehalt des Embryo zu Flugbrandpilz und Keimverhalten führte zu einer genauen Umschreibung der Bedingungen, unter denen höhere Temperaturen den Flugbrandpilz abtöten, ohne die Keimfähigkeit des Saatgutes ungünstig zu beeinflussen.

Die weiteren Untersuchungen bewegten sich in zwei verschiedenen, mit den vorstehend erwähnten Feststellungen aber ursächlich und methodologisch aufs engste verknüpften Richtungen: der Beeinflussung der Beizwirkung durch bestimmte chemische Stoffe und der Prüfung des Benetzungsverfahrens (Warmbenetzungsbeize) als Ersatz der bisher üblichen Tauchbeize. Auch diese Fragen können als geklärt angesehen werden. Es ist in weitem Umfange möglich, die Wirkung der Warmbenetzungsbeize durch Zusatz alkoholischer Stoffe zu steigern, und es ist zum mindesten in Laboratoriumsversuchen möglich, Weizen- und Gerstenflugbrand in der Weise zu bekämpfen, daß nach bestimmten Vorschriften benetztes Saatgut in geschlossenem Raum vorübergehend hohen Temperaturen von über 50° C ausgesetzt wird.

Unsere älteren Untersuchungen über Ausgestaltungsmöglichkeiten der Warmwasserbeize (1, 2) sind 1934 von Oort (7) nachgeprüft und in den wesentlichen Punkten bestätigt. Auch der Hinweis dieses Autors auf die Steigerung der Beizwirkung durch Wahl größerer Aufwandmengen an Benetzungsflüssigkeit ist bereits in unseren früheren Untersuchungen enthalten. Für die Beurteilung der verwickelten Zusammenhänge von Benetzungsmenge und Beizwirkung, sowie der Bedeutung des Alkoholzusatzes sind die Versuche von Oort nicht ausreichend. Es genügt hier, auf die

in unserer letzten Arbeit (6) dargelegten Gesetzmäßigkeiten hinzuweisen, ohne auf Einzelheiten nochmals einzugehen. Im Gegensatz zu gewissen von Oort geäußerten Bedenken muß es auf Grund der bei der Warmbenetzungsbeize erzielbaren Abstimmung des Wassergehaltes des Keimlings möglich sein, und ist es tatsächlich möglich, durch geeignete Abstufung von Vorbehandlung (Vorquellung) und eigentlicher Beizung zu einem Verfahren zu kommen, das restlose Flugbrandbekämpfung mit völliger Unschädlichkeit für das Saatgut vereinigt.

Wir hatten bisher keine Gelegenheit, zu den Untersuchungen Oorts (7) Stellung zu nehmen, die erst nach dem 1934 erfolgten Abschluß unserer experimentellen Arbeiten erschienen sind. Alles, was wir dazu hätten sagen können, ist an sich bereits in unseren Veröffentlichungen (1—6) enthalten, so daß wir uns hier mit diesem kurzen Hinweis begnügen können.

Wohl aber wollen wir die heutige Gelegenheit, uns nochmals mit der Frage der Warmbenetzungsbeize kurz zu beschäftigen, dazu benutzen, noch einige bisher unveröffentlichte Versuchsreihen wiederzugeben, in denen erneut die Frage geprüft wurde, wie die Warmbenetzungsbeize im einzelnen

Tabelle 1.
Wirkung einer zweistündigen Warmbenetzungsbeize von 55° C
nach einstündiger Vorquellung.

Beizflüssigkeit	Liter je Zentner	Vorquelltemperatur 10° C			Vorquelltemperatur 20° C		
		Trieb- kraft %	Gesunde : kranke Pflanzen	Flug- brand %	Trieb- kraft %	Gesunde : kranke Pflanzen	Flug- brand %
Kontrolle, unbehandelt		97,3	1528:367	19,4	—	—	—
Wasser	3	91,5	580:134	18,8	—	—	—
	4	90,0	606: 16	2,6	90,5	694:27	3,7
	5	82,0	514: 1	0,2	84,5	588: 1	0,2
	6	74,0 —	432: 0	0	82,0 —	506: 0	0
Brenn- spiritus, 2%	3	87,0	610:125	17,0	—	—	—
	4	75,5 —	404: 0	0	91,0	610:26	4,1
	5	78,5 —	413: 0	0	85,5 —	463: 0	0
	6	52,0 —	276: 0	0	57,0 —	357: 0	0
Brenn- spiritus, 4%	3	91,5	563: 66	10,5	—	—	—
	4	63,0 —	390: 1	0,2	65,5 —	385: 0	0
	5	15,5 —	69: 0	0	13,0 —	60: 1	1,6
	6	0	1: 0	—	0	3: 0	—
Isopropyl- alkohol, 2%	3	92,5	640:116	15,3	—	—	—
	4	90,5	576: 5	0,9	94,0	594:11	1,8
	5	75,0 —	385: 0	0	75,5 —	530: 0	0
	6	52,5 —	304: 0	0	53,0 —	341: 0	0
Isopropyl- alkohol, 4%	3	89,0	579: 27	4,4	—	—	—
	4	62,5 —	387: 0	0	75,5 —	516: 0	0
	5	11,5 —	77: 0	0	26,5 —	161: 0	0
	6	0	3: 0	—	0	3: 0	—

gestaltet werden muß, um die Beseitigung des Flugbrandpilzes in sicherer Weise mit Unschädlichkeit der Behandlung für das Saatgut zu vereinigen. Dabei soll im Interesse einer möglichst kurzen Darstellung von einer nochmaligen Besprechung der theoretischen Grundlagen Abstand genommen werden.

Als Beiztemperatur wurde im Hinblick auf frühere Erfahrungen übereinstimmend 55° C gewählt. Die Vorquellung wurde bei 10° C und bei 20° C durchgeführt, weil diese Temperaturen sich ohne besondere Hilfsmittel auch unter praktischen Verhältnissen leicht innehalten lassen. Variiert wurde das Verhältnis von Vorquelldauer zu Beizdauer, sowie die Aufwandmenge Beizflüssigkeit (3, 4, 5, 6 Liter je Zentner Saatgut). Schließlich ist noch einmal die Frage geprüft worden, ob es nicht doch möglich ist, durch Alkoholzusatz unter die von uns in erster Linie vorgeschlagene Benetzungsmenge von 6 Liter je Zentner Saatgut herabzugehen.

Die Methodik ist die gleiche wie in unseren früheren Untersuchungen (2, 5 u. a. O.). Die Prüfung der Wirkung auf den Flugbrandbefall erfolgte wieder in Feldparzellen zu 2 × 420 Korn Aussaat und die Feststellung

Tabelle 2.
Wirkung einer eineinhalbstündigen Warmbenetzungsbeize von 55° C
nach eineinhalbstündiger Vorquellung.

Beizflüssigkeit	Liter je Zentner	Vorquelltemperatur 10° C			Vorquelltemperatur 20° C		
		Triebkraft %	Gesunde : kranke Pflanzen	Flugbrand %	Triebkraft %	Gesunde : kranke Pflanzen	Flugbrand %
Kontrolle, unbehandelt		97,3	1484:408	21,6	—	—	—
Wasser . .	3	89,5	611:121	16,5	—	—	—
	4	87,5	634: 55	8,0	90,5	677:62	8,4
	5	85,5	461: 4	0,9	80,0	600: 3	0,5
	6	82,0 —	496: 0	0	82,0 —	496: 0	0
Brennspiritus, 2 %	3	91,5	589:101	14,6	—	—	—
	4	89,5	598: 31	4,9	92,5	630:31	4,7
	5	85,0 —	453: 1	0,2	86,0	513: 0	0
	6	59,5 —	317: 0	0	63,5 —	367: 0	0
Brennspiritus, 4 %	3	88,5	533:101	15,9	—	—	—
	4	70,5 —	397: 4	1,0	72,0 —	434: 2	0,5
	5	13,0 —	81: 0	0	12,5 —	85: 0	0
	6	1,5 —	5: 0	—	2,5 —	5: 0	—
Isopropylalkohol, 2 %	3	93,5	615:132	17,7	—	—	—
	4	84,0	628: 10	1,6	93,5	645:12	1,8
	5	80,5	455: 0	0	86,0	496: 0	0
	6	53,0 —	283: 0	0	59,0 —	380: 0	0
Isopropylalkohol, 4 %	3	87,0	592: 63	9,6	—	—	—
	4	56,5 —	480: 0	0	72,0 —	441: 1	0,2
	5	25,0 —	163: 0	0	32,0 —	209: 0	0
	6	0,0	13: 0	—	0,5 —	13: 0	—

der Triebkraft in üblicher Weise (— und — — bedeuten Keimverzögerungen). Eine gewisse Abweichung liegt insofern vor, als die unbehandelten Kontrollen vor dem Auslegen mit Ceresan-Trocken gebeizt wurden, da das gänzlich unbehandelte Saatgut ohne eine solche Beizung starke Keimhemmungen aufwies und geringere Triebkraftprozente ergeben hätte als die warmwassergebeizten Körner. Für die Frage des Flugbrandbefalls spielt die Behandlung der Saat mit äußerlich anhaftenden Beizmitteln nachweislich keine Rolle (5).

Die Ergebnisse sind in den Tabellen 1—4 zusammengestellt.

Die Versuchsreihen sollen gemeinschaftlich besprochen werden. Einleitend sei bemerkt, daß alle Ergebnisse in bester Übereinstimmung mit unseren früheren Feststellungen stehen, so daß wir uns hier kurz fassen können.

Wir können zunächst feststellen, daß eine zu kurz gewählte Vorquelldauer (1, 1½ und 2 Stunden) die Ergebnisse ungünstig beeinflusst, indem völlige Flugbrandfreiheit meist erst bei gleichzeitiger Herabsetzung der Triebkraft erreicht wird. Bei Verwendung von 6 Liter Wasser als Benetzungsflüssigkeit und einer Vorquelltemperatur von 20° C haben wir

Tabelle 3.
Wirkung einer einstündigen Warmbenetzungsbeize von 55° C
nach zweistündiger Vorquellung.

Beizflüssigkeit	Liter je Zentner	Vorquelltemperatur 10° C			Vorquelltemperatur 20° C		
		Trieb- kraft %	Gesunde : kranke Pflanzen	Flug- brand %	Trieb- kraft %	Gesunde : kranke Pflanzen	Flug- brand %
Kontrolle, unbehandelt .		96,8	1526 : 348	18,6	—	—	—
Wasser . . .	3	90,5	544 : 143	20,8	—	—	—
	4	91,5	558 : 76	12,0	90,5	689 : 82	10,6
	5	92,0	505 : 31	5,8	89,5	682 : 16	2,3
	6	81,0 —	442 : 7	1,5	91,5	602 : 2	0,3
Brenn- spiritus, 2 %	3	92,5	552 : 135	19,6	—	—	—
	4	84,0	495 : 37	6,9	91,0	633 : 59	8,5
	5	87,5	501 : 17	3,3	84,0	589 : 4	0,7
	6	64,5 —	356 : 2	0,6	73,0 —	384 : 0	0
Brenn- spiritus, 4 %	3	92,0	488 : 120	19,7	—	—	—
	4	78,5 —	408 : 23	5,3	79,0 —	508 : 13	2,5
	5	33,5 —	187 : 3	1,6	30,0 —	217 : 1	0,5
	6	6,5 —	23 : 0	0	7,0 —	44 : 0	0
Isopropyl- alkohol, 2 %	3	91,0	527 : 136	20,5	—	—	—
	4	86,0	440 : 36	7,6	90,5	677 : 51	7,0
	5	84,0 —	458 : 7	1,5	91,5	616 : 2	0,3
	6	52,0 —	297 : 0	0	71,0 —	401 : 0	0
Isopropyl- alkohol, 4 %	3	90,0	510 : 79	13,4	—	—	—
	4	72,0 —	336 : 9	2,6	80,5 —	516 : 1	0,2
	5	29,0 —	195 : 3	1,5	45,5 —	301 : 0	0
	6	6,0 —	43 : 0	0	6,0 —	38 : 0	0

Brandfreiheit ohne Schädigung des Saatgutes nur, wenn die Vorquelldauer auf 4 Stunden erhöht wird. Bei einer Vorquelltemperatur von 10° C kommen in Übereinstimmung mit unseren früheren Beobachtungen sichtlich längere Vorquellzeiten in Frage.

Die Versuche zeigen weiterhin den die Beizwirkung steigernden Einfluß des Alkoholzusatzes, wobei wir allerdings vielfach deutlich über die zulässige Behandlungsgrenze hinausgegangen sind, vor allem soweit es sich um einen 4%igen Zusatz von Alkohol handelt. Dagegen erscheint eine 2%ige Beimischung bei geeigneter Abstimmung von Vorquell- und Beizdauer unbedenklich und unter Umständen wünschenswert. Der Vergleich der mit 2%igen Alkohollösungen und Variierung von Vorquellung und Beizbehandlung durchgeführten Versuche zeigt im übrigen noch deutlicher als die Wasserversuche, daß eine Verlängerung der Vorquellung auf 4 Stunden (bei 20° C) oder auf noch längere Zeit (bei 10°) die Wirkungsweise verbessert.

Die in den Tabellen 1—4 zusammengestellten Versuchsreihen bringen schließlich nochmals in extenso den Nachweis, daß die Erzielung einer

Tabelle 4.

**Wirkung einer einstündigen Warmbenetzungsbeize von 55° C
nach vierstündiger Vorquellung.**

Beizflüssigkeit	Liter je Zentner	Vorquelltemperatur 10° C			Vorquelltemperatur 20° C		
		Trieb- kraft %	Gesunde : kranke Pflanzen	Flug- brand %	Trieb- kraft %	Gesunde : kranke Pflanzen	Flug- brand %
Kontrolle, unbehandelt .		97,3	1416 : 388	21,5	—	—	—
Wasser . . .	3	95,5	544 : 133	19,6	—	—	—
	4	95,0	624 : 94	13,1	—	—	—
	5	91,0	557 : 20	3,5	93,5	740 : 15	2,0
	6	88,5	501 : 3	0,6	94,0	681 : 0	0
Brenn- spiritus, 2 %	3	94,5	540 : 132	19,6	—	—	—
	4	92,5	546 : 76	12,2	91,0	649 : 108	14,3
	5	vakat	471 : 14	2,9	91,0	684 : 7	1,0
	6	85,0 —	379 : 0	0	90,0	577 : 0	0
Brenn- spiritus, 4 %	3	93,5	512 : 101	16,5	—	—	—
	4	80,0 —	431 : 14	3,1	92,5	651 : 51	7,3
	5	33,5 —	135 : 0	0	64,5 —	516 : 2	0,4
	6	2,5 —	42 : 0	0	29,0 —	35 : 0	0
Isopropyl- alkohol, 2 %	3	94,0	545 : 134	19,7	—	—	—
	4	91,5	565 : 29	4,9	94,5	665 : 79	10,6
	5	80,5	507 : 4	0,8	91,5	689 : 2	0,3
	6	68,0 —	382 : 0	0	82,5 —	513 : 0	0
Isopropyl- alkohol, 4 %	3	94,0	508 : 106	17,3	—	—	—
	4	88,0	448 : 6	1,3	89,0	685 : 1	0,1
	5	41,5 —	143 : 0	0	74,0 —	424 : 0	0
	6	8,5 —	63 : 0	0	14,5 —	78 : 0	0

guten Beizwirkung an eine minimale Benetzungsmenge von 6 Liter je Zentner Saatgut gebunden ist, und daß auch ein gesteigerter Alkoholzusatz nicht genügt, um eine unzureichende Aufwandmenge an Beizflüssigkeit auszugleichen.

Damit sind die bei der Warmbenetzungsbeize innezuhaltenden Richtlinien geklärt; was die Frage des Alkoholzusatzes betrifft, so möchten wir auf Grund unserer gesamten Erfahrungen einem geringen Zusatz von 1% Brennspritus das Wort reden. Ein solcher Zusatz beeinträchtigt bei vorschriftsmäßiger Vorquelldauer in keiner Weise die Keimfähigkeit, sichert aber die Beizwirkung auf den Flugbrandpilz.

So kommen wir zusammenfassend zu folgendem Vorschlag der Warmbenetzungsbeize:

Beizflüssigkeit: 1% Brennsprituslösung.

Benetzungsmenge je Zentner Saatgut: 6 Liter.

Vorquellung: 4 Stunden bei 20° C, 7—8 Stunden bei 10° C. Bei dazwischen liegenden Temperaturen entsprechende Zwischenwerte; Schwankungen bis zu 20% der Vorquelldauer nach oben oder nach unten scheinen unbedenklich.

Beizbehandlung: 1 Stunde bei 54—55° C.

Schriftenverzeichnis.

- 1 Gaßner, G. Neue Wege zur Bekämpfung des Weizenflugbrandes durch Beizung. *Phytopathologische Zeitschrift* 1933, V, S. 407.
- 2 Gaßner, G. und Kirchhoff, H. Versuche zur Bekämpfung des Weizenflugbrandes mittels Benetzungsbeize. *Phytopathologische Zeitschrift* 1933, VI, S. 453.
- 3 Gaßner, G. und Kirchhoff, H. Versuche zur Bekämpfung des Weizenflugbrandes mittels Benetzungsbeize. II. Mitteilung. *Phytopathologische Zeitschrift* 1934, VII, S. 271.
- 4 Gaßner, G. und Kirchhoff, H. Versuche zur Bekämpfung des Gerstenflugbrandes. *Phytopathologische Zeitschrift* 1934, VII, S. 303.
- 5 Gaßner, G. und Kirchhoff, H. Zur Frage der Beeinflussung des Flugbrandbefalls durch Umweltfaktoren und chemische Beizmittel. *Phytopathologische Zeitschrift* 1934, VII, S. 487.
- 6 Gaßner, G. und Kirchhoff, H. Die Bedeutung der Wasseraufnahme des Weizenkorns, insbesondere des Weizenembryos, für Wirkung und Wirkungsweise der Warmwassertauch- und -benetzungsbeize. *Phytopathologische Zeitschrift* 1936, IX, S. 229.
- 7 Oort, A. J. P. Een Nieuwe Methode Ter Bestrijding Van Tarwestuifbrand (*Ustilago tritici*). *Tijdschrift over Plantenziekten* 1934, 40, S. 185.

Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Züchtungsforschung,
Müncheberg (Mark).

Ein weiterer Beitrag zum Problem der physiologischen Spezialisierung von *Phytophthora infestans* de Bary, dem Erreger der Kartoffelkrautfäule¹⁾.

Von

H. Lehmann.

Mit 12 Abbildungen und 5 Tabellen.

Inhaltsübersicht: 1. Einleitung. — 2. Bisherige Ergebnisse. — 3. Die Herkunft der Pilzrassen und ihre Charakterisierung auf dem Test-Sortiment. — 4. Variationsstatistische Untersuchungen an den 8 Rassen des Pilzes. — 5. Das Verhalten der Rassen auf Laub von Kultursorten, Wildformen und Zuchtmaterial. — 6. Das Verhalten der Rassen auf Knollen von Kultursorten und Test-Klonen und die Beziehungen zwischen Knollen- und Laubresistenz. — 7. Diskussion der Ergebnisse und Ausblick auf weitere Arbeiten und neue züchterische Wege. — 8. Zusammenfassung. — 9. Literaturangaben.

1. Einleitung.

Die Forschungen auf dem Gebiete der Pflanzenpathologie und Pflanzenzüchtung haben gerade in den letzten Jahren ergeben, daß bei vielen parasitären Pilzen eine Spezialisierung in ungeahntem Ausmaße besteht. Viele landwirtschaftliche Kulturpflanzen zeigen eine Spezialisierung des betreffenden pilzlichen Krankheitserregers schon innerhalb der einzelnen Handelssorten, z. B. bei den Rost-, Brand- und Mehltau-Pilzen der Getreidearten, bei der Brennfleckenkrankheit der Bohne (*Colletotrichum* Lind.) u. a. m. Die moderne Immunitätszüchtung sieht eine Möglichkeit, zu widerstandsfähigen Kultursorten zu gelangen, in der Einkreuzung immuner Wild- und Kulturformen, d. h. solcher Arten, die außerhalb der Anpassungsgrenzen des Pilzes stehen.

Es gibt nun nicht viele Beispiele, wo das Problem der physiologischen Spezialisierung erst dann akut wurde, als man auf widerstandsfähige, entfernter stehende Typen als Ausgangsmaterial für eine Resistenzzüchtung gegen den betreffenden Parasiten zurückgriff.

So traten bekanntlich bei dem Versuch, *Phytophthora*-widerstandsfähige Kartoffeln zu züchten, Biotypen erst dann auf, als Wildformen von *Solanum tuberosum* zum Einkreuzen benutzt wurden, während bisher innerhalb der gegen *Phytophthora* anfälligen Kulturkartoffelsorten keine Spezialisierung des Pilzes zu beobachten war.

¹⁾ Mit Unterstützung des Forschungsdienstes.

Einleitend soll kurz ein Überblick über die Entwicklung dieses Problems bis zu seinem heutigen Stand gegeben werden. Eine Erörterung der Arbeiten, die sich mit der Züchtung *Phytophthora*-widerstandsfähiger Sorten oder mit der Biologie des Pilzes oder der Krankheit beschäftigt haben, kann natürlich an dieser Stelle nicht gebracht werden.

2. Bisherige Ergebnisse.

Wenn auch schon Beobachtungen früherer Autoren, wie ich an anderer Stelle zeigen konnte (1937), darauf hindeuteten, daß man mit einem Vorhandensein von Rassen bei *Phytophthora infestans* rechnen mußte, und andererseits die Untersuchungen von Tucker (1931), Mehrlich (1934 und 1936) und Leonian (1926) bewiesen, daß eine ganze Reihe von Spezies der Gattung *Phytophthora* in Rassen spezialisiert sind, so rückte erst folgende Aufsehen erregende Feststellung dieses Problem schlagartig in den Vordergrund. Die von K. O. Müller gezüchteten, sogenannten W-Rassen (Müller 1925, 1928a), die gegen *Phytophthora* widerstandsfähig waren, zeigten plötzlich 1932 auf einer Anbaustelle der Biologischen Reichsanstalt starken Befall durch Krautfäule (Schmidt 1933). Die gleiche Beobachtung konnte nur kurze Zeit später unabhängig davon in einem anderen Anbaugebiet der W-Rassen von Kattermann und Wenk (1933) gemacht werden. Die experimentelle Bestätigung des Vorhandenseins einer neuen Rasse konnte Schick (1932) bringen, als er von diesen W-Rassen abgeimpftes Pilzmaterial in seinem Verhalten auf den W-Rassen und *Solanum demissum*-Bastarden unterschiedlich fand. Nach Angaben von O'Connor (1933) konnte bei den Züchtungsversuchen in Irland ebenfalls das Vorhandensein einer stärker virulenten Rasse von *Phytophthora infestans* gegenüber der gewöhnlichen beobachtet werden. Jedoch läßt sich zur Zeit nichts darüber aussagen, ob es sich etwa um die gleiche wie die in Deutschland gefundene Rasse handelt. Hingegen konnten Salaman (1932) bei seinen Arbeiten mit *Solanum demissum* sp. als Ausgangsmaterial in England, Reddick und Croisier (1931) auf Grund ihrer Untersuchungen mit den verschiedensten *Phytophthora*-Stämmen in Nordamerika und auch Sidorov (1937) bei ausgedehnten Arbeiten in Rußland keine Spezialisierung feststellen.

Die nun einsetzenden Untersuchungen über die Verbreitung des von K. O. Müller (1933) als S-Stamm bezeichneten Biotyps in Deutschland hatten zum Ergebnis, daß dieser Biotyp sich überall da fand, wo seit längerer Zeit die W-Rassen angebaut wurden. Während der Arbeiten am Kaiser Wilhelm-Institut für Züchtungsforschung, Müncheberg (Mark), konnten wir (Schick und Lehmann, 1936) bei Prüfung zahlreicher Herkünfte des Pilzes vier weitere Biotypen identifizieren. Es wurde ein Test-Sortiment, das aus 25 Klonen der Kreuzung *Solanum demissum utile* und *Solanum tuberosum*, und zwar Pflanzen von F_1 -, F_2 -, F'_2 -, F'_3 - und F'_4 -

Generationen bestand, zur Charakterisierung der vier Biotypen aufgestellt. Die Infektionsversuche von Schick und Schaper (1936) mit diesen vier Rassen auf verschiedenen *Solanum demissum*-Formen ergaben in eindeutiger Weise das unterschiedliche Verhalten verschiedener Wildformen diesen vier Rassen gegenüber und zeigten zum anderen, daß die Methode der Prüfung von Pilzherkünften und ihre Unterscheidung auf dem Test-Sortiment zu recht bestand.

3. Die Herkunft der Pilzrassen und ihre Charakterisierung auf dem Test-Sortiment.

Bei den fortlaufenden Prüfungen von Pilzherkünften auf dem Test-Sortiment im Sommer 1936 wurden nun plötzlich bei einer Infektion ein großer Teil der bis dahin gegen Rasse 1—4 widerstandsfähigen Klone befallen. Die Annahme eines neuen Biotypen (Rasse 5) bestätigte sich, als die Prüfung verschiedener Einsporlinien aus dieser Population ein neues Infektionsbild auf dem Test-Sortiment ergab (siehe Tabelle 1, Rasse 5). Bei dieser Rasse handelt es sich ursprünglich um eine Pilzherkunft aus Koreniewo (Rußland), die von *Solanum antipoviczii* isoliert worden war.

In demselben Sommer konnten bei unseren Sämlingsinfektionen drei weitere Biotypen, die Rassen 6, 7 und 8 isoliert werden. Die aus einer sehr wirksamen Sämlingsinfektion mit einer Mischung der Rassen 1—4 als resistent hervorgegangenen Individuen zeigten plötzlich im Frühbeet unter für den Pilz günstigen Bedingungen einen außerordentlich starken *Phytophthora*-Befall.

Zur Analyse dieser Population wurden wiederum eine ganze Reihe Einsporlinien hergestellt. Außerdem wurde das Test-Sortiment um weitere 25 gegen die ersten 4 Rassen widerstandsfähige Klone vermehrt, so daß das jetzt gebräuchliche Test-Sortiment 50 Klone unseres Zuchtmaterials umfaßt (siehe Tabelle 1).

Die Infektionsversuche (Abb. 1) wurden nach der von uns (Schick und Lehmann, 1936) schon früher beschriebenen Methode durchgeführt, so daß an dieser Stelle auf ihre Darstellung verzichtet werden kann. Die Bonitierung der Versuche wurde in prinzipiell der gleichen, nur etwas verfeinerter Form vorgenommen. Es bedeuten:

o = kein Befall = +,

s = vereinzelte, wenig ausgedehnte Befallsstellen mit keiner oder nur schwacher Sporangienbildung = ▲,

S = zahlreiche, weit ausgedehnte Befallsstellen mit starker Sporangienbildung = —.

Während das ursprüngliche Test-Sortiment keine Klone enthielt, die „s“ zeigten, so sind solche in das erweiterte Test-Sortiment aufgenommen worden. Es hat sich herausgestellt, daß die Reaktion einzelner Klone

mit „s“ nach Infektion mit bestimmten Rassen so typisch und konstant ist, daß diese Formen ebenfalls zur Charakterisierung der Rassen dienen können. Abb. 2 stellt die drei Reaktionsformen dar. Tabelle 1 zeigt



Abb. 1.
Infektionskasten.

Von jedem Test-Klon gelangen 2 Triebspitzen zur Infektion. Als Kontrolle einer gleichmäßig gelungenen Infektion dienen eine Anzahl in Kreuzform gesteckter Triebspitzen von Kultursorten. Kontrollen und einige Klone durch Infektion schon zerstört.

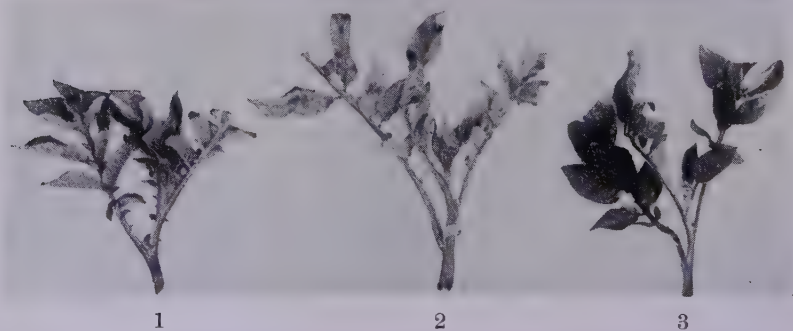


Abb. 2.

Die drei in der Bonitierung erfaßten Reaktionstypen.

1. Steckling vollständig gesund geblieben.
2. Steckling vergilbt mit nekrotischen Flecken.
3. Steckling überzogen mit Sporangienrasen, Blattgewebe durch den Pilz zerstört.

nun die Wirkungsweise der acht Rassen auf den einzelnen Klonen des Test-Sortiments. Die in ihrer Reaktion sich gleich verhaltenden Klone sind in Gruppen zusammengefaßt worden. Es konnten 17 solcher Reaktionsgruppen aufgestellt werden. Wenn wir die Anzahl der gegen die ein-

zelenen Rassen anfälligen Klone gegenüberstellen, so ergibt sich folgendes Bild:

Rasse	Anzahl der befallenen Klone		Resistent geblieben
	vollständig	schwach	
1	2	2	46
2	7	6	37
3	9	3	38
4	15	4	31
5	32	5	13
6	18	4	28
7	40	10	0
8	47	3	0

Die Infektionen mit den einzelnen Rassen sind im Laufe der Vegetationszeit etwa 15—20 mal wiederholt worden. Es hat sich immer das jeder Rasse entsprechende Infektionsbild auf dem Test-Sortiment ergeben. Allerdings kamen durch die Art der Übertragung gelegentlich Abweichungen durch spontane Infektionen vor; jedoch konnten diese nach Isolation und Prüfung jeweils als eine der 8 Rassen festgestellt werden.

Die Rasse 1 stellt auf dem Test-Sortiment die schwächste Form von *Phytophthora infestans* dar. Sie vermag nur 2 Klone vollständig und 2 Klone teilweise zu befallen. Sie entspricht der im Freiland auf unseren Kultursorten vorkommenden *Phytophthora infestans* schlechthin. Es ergaben jedenfalls alle 145 durchgeführten Prüfungen von Pilzherkünften, die im Freiland von Kultursorten isoliert worden waren, eindeutig das Infektionsbild von Rasse 1; nur das *Phytophthora*-Material aus unseren Müncheberger Feldbeständen erwies sich als eine aus mehreren Rassen bestehende Population.

Rasse 2, die der Müllerschen S-Rasse entspricht (vergl. Schick und Lehmann 1936), vermag schon 7 Klone vollständig und 6 teilweise zu befallen. Der Anteil anfälliger Formen des Test-Sortiments steigert sich nun bei den nächsten Rassen ganz beträchtlich, bis auf Rasse 6, die in ihrer quantitativen Wirkung allerdings etwas zurückgeht. Es ist nun sehr bemerkenswert, daß Rasse 5 zum großen Teil die Formen befällt, die gegen Rasse 6 widerstandsfähig sind, und umgekehrt. Insofern ist gerade die Wirkung eines Gemisches von Rasse 5 und 6 außerordentlich heftig. Die Rassen 7 und 8 unterscheiden sich von allen anderen zwar sehr, untereinander jedoch nur wenig. Man könnte geneigt sein, die Unterschiede nur als Virulenzunterschiede zu deuten und dementsprechend die beiden Rassen als eine zu führen. Daß dies jedoch nicht möglich ist und auch in anderer Beziehung weitgehende Unterschiede zwischen diesen beiden Rassen bestehen, konnte schon früher dargelegt werden (Lehmann, 1937). Es zeigt dies andererseits, daß dieses Test-Sortiment keinen absoluten Maßstab für die Aggressivität einer Rasse darstellt, sondern nur relative, zu Unterscheidungszwecken notwendige Bedeutung hat.

4. Variationsstatistische Untersuchungen an den 8 Rassen von *Phytophthora infestans*.

In den vorangegangenen Abschnitten wurde das rein parasitäre Verhalten des Pilzes zur Charakterisierung seiner Rassen auf den verschiedenen Wirtspflanzen herangezogen. Es entsteht nun vor allem von Seiten der Systematik die Frage, ob sich diese biologischen Rassen von *Phytophthora infestans* auch in anderer Beziehung unterscheiden lassen. Es gibt nun folgende Möglichkeiten:

1. Durch morphologische Unterschiede, bis zu einem begrenzten Ausmaß.
2. Durch physiko-chemische Reaktionen.
3. Durch Kultureigenschaften auf künstlichen Nährböden.

Im Rahmen dieser Arbeit sind nur Untersuchungen über die morphologischen Unterschiede gemacht worden.

Wir kennen aus der Literatur eine große Zahl von Beispielen, die dafür sprechen, daß es einen wohl lückenlosen Übergang von den rein biologisch-physiologischen Arten oder Rassen, über die verschiedensten morphologisch-biologischen Zwischenformen bis zu den ausgesprochen rein morphologischen Vertretern gibt. Es liegen nun in der Gattung *Phytophthora* eine ganze Reihe von Untersuchungen vor, die sich mit dieser Frage beschäftigt haben. Nach den Arbeiten von Leonian (1927, 1934) und Dufrenoy, J. und L. (1927) scheint die Gattung *Phytophthora* von sehr großer Plastizität zu sein, die es außerordentlich schwer, teilweise sogar unmöglich macht, eine Identifizierung der einzelnen Arten auf Grund rein morphologischer Merkmale vorzunehmen. Zum anderen scheinen einige Vertreter der Gattung, besonders *Phytophthora parasitica* var. Rhei, mit ihren etwa 90 verschiedenen Linien, außerordentlich weitgehende Unterschiede in Form und Größe der Sporangien zu haben.

Die Sporangienmessungen bei *Phytophthora infestans*, die von verschiedenen Autoren ausgeführt worden sind, ergaben nun folgende Resultate (nach Haskell, 1921):

	Länge in μ	Breite in μ	
Schröter (1897)	27—30	× 15—20	
Massee (1910)	25—30	× 15—20	
Rosenbaum (1917)	$27,08 \pm 0,145$	× $8,27 \pm 0,102$	
Butler (1918)	22—32	× 16—24	
Haskell (1921)	23—35	× 15—23	(von Tomaten)
Vowinkel (1926)	24,8	× 18,1	(von natürlich befallenen Kartoffelblättern)

Vowinkel (1926) unternahm Messungen von Sporangien des Pilzes, den er teils nach natürlicher, teils nach künstlicher Infektion von verschiedenen Wirtspflanzen isolierte. Den kleinsten Wert erhielt er bei

Sporangien auf spontan erkrankten *Lycium*-Blättern nach einer Übertragung auf Kartoffellaub mit $21,6 \times 14,2 \mu$. Doch schon nach der zweiten Absaat auf Kartoffelblätter stieg der Durchschnittswert auf $23,7 \times 16,6 \mu$. Den größten Wert hatten Sporangien von künstlich infizierten Knollen mit $25,6 \times 17,8 \mu$. Wenn auch die Untersuchungen an einem nicht großen Material durchgeführt worden sind und es fraglich ist, ob die Werte statistisch gesichert sind, so lassen sie doch darauf schließen, daß der Einfluß des Wirtes bzw. der Außenbedingungen auf die Größenverhältnisse von Bedeutung sind. Von Müller (1928b) wurde die Frage der Morphologie von *Phytophthora*-Sporangien ebenfalls einer eingehenden Prüfung unterzogen. Er fand bei 12 verschiedenen Pilzherkünften zum Teil für Länge und Breite gesicherte Unterschiede, aus denen er schließt, daß die Spezies „*Phytophthora infestans*“ in eine Reihe nicht nur in physiologischer, sondern auch in morphologischer Beziehung differenter Biotypen zerfällt.“

Es wurden nun Messungen an Sporangien der 8 auf dem Test-Sortiment unterschiedlichen Rassen vorgenommen. Das Sporenmaterial wurde von Knollen der Sorte „Edda“ gewonnen. Die beimpften Knollen wurden bei 20°C in der üblichen Methode aufbewahrt, nach 4 Tagen aufgeschnitten, am folgenden Tage das Sporenmaterial zu den Messungen abgespült und mit Hilfe eines Zeichenapparates die Größenverhältnisse gemessen. Die Anzahl der untersuchten Sporangien betrug durchschnittlich 300. Im Abstand von 3 Monaten wurden die Messungen an dem gleichen Pilzmaterial und unter denselben Bedingungen wiederholt. In erster Linie wurde darauf geachtet, daß sowohl innerhalb einer Versuchsreihe wie auch bei der Wiederholung die Außenbedingungen konstant blieben. Das Ergebnis findet sich in Tabelle 2.

Tabelle 2.

1. Messungsserie			2. Messungsserie		
Rasse	Länge μ	Breite μ	Rasse	Länge μ	Breite μ
1	$26,86 \pm 0,11$	$18,07 \pm 0,01$	1	$33,07 \pm 0,11$	$22,22 \pm 0,17$
2	$28,77 \pm 0,04$	$18,79 \pm 0,02$	2	$30,07 \pm 0,13$	$21,29 \pm 0,18$
3	$29,02 \pm 0,03$	$18,85 \pm 0,04$	3	$31,72 \pm 0,08$	$20,15 \pm 0,04$
4	$34,80 \pm 0,48$	$20,70 \pm 0,31$	4	$31,14 \pm 0,03$	$19,97 \pm 0,12$
5	$26,94 \pm 0,33$	$18,11 \pm 0,02$	5	$30,56 \pm 0,29$	$19,41 \pm 0,02$
6	$30,90 \pm 0,03$	$19,87 \pm 0,05$	6	$32,17 \pm 0,03$	$21,16 \pm 0,18$
7	$30,39 \pm 0,33$	$19,33 \pm 0,02$	7	$32,04 \pm 0,33$	$20,54 \pm 0,15$
8	$30,01 \pm 0,02$	$19,62 \pm 0,02$	8	$29,71 \pm 0,02$	$20,24 \pm 0,20$
Mittelwert aller 8 Rassen	29,71	19,17	Mittelwert aller 8 Rassen	31,31	20,62

Auf Grund der Messungen der ersten Versuchsserie ergaben sich für die Mittelwerte der 8 Rassen mit Ausnahme der nicht gesicherten Differenzen von 5 und 1, 6 und 7, 7 und 8 weitgehend gesicherte Werte,

die für ein Vorhandensein morphologisch erfaßbarer Unterschiede zumindest bei einigen Rassen sprechen. Auffällig ist die Tatsache, daß alle Rassen größere Längenwerte besaßen als Rasse 1.

Ein ganz anderes Ergebnis hatten die Messungen der zweiten Versuchsserie. Es fanden sich wohl auch gesicherte Werte bei einigen Rassen, doch konnte keine Übereinstimmung zwischen diesen und denen der ersten Messung gefunden werden. Der Durchschnitt der Mittelwerte aller 8 Rassen ist in der Wiederholung sowohl bei Länge als Breite größer, von einzelnen jedoch (Rasse 4 und 8) geringer als bei der ersten Messung. Es wäre verfrüht, aus diesen Ergebnissen Schlüsse auf morphologische Rassenunterschiede zu ziehen. Der Einfluß von Außenbedingungen auf die Größenverhältnisse der Sporen in der Species *Phytophthora infestans* scheint außerordentlich stark zu sein. Demnach ist ein Vergleich von Ergebnissen verschiedener Autoren nur sehr bedingt möglich. Wie stark die Größenschwankungen sein können, geht daraus hervor, daß zum Beispiel der größte von Vowinkel (1926) gemessene Wert von Knollen isolierter Sporangien mit $25,6 \times 17,8 \mu$ kleiner als der kleinste in Tabelle 2 verzeichnete Wert (Rasse 1, 1. Messungsserie) ist. Wenn genotypische Rassenunterschiede in dieser Richtung überhaupt vorhanden sind, dann bedarf es noch außerordentlich verfeinerter Methoden, jene zu erfassen.

5. Das Verhalten der Rassen auf Laub von Kultursorten, Wildformen und Zuchtmaterial.

Im allgemeinen hängt die Bedeutung einer biologischen Rasse eines Pilzes einmal davon ab, welche Wirtspflanzen von ihr befallen werden und dann, welches Verbreitungsgebiet diese Rasse besitzt. Während zum Beispiel bei den Rost- und Mehltaupilzen das Test-Sortiment aus überall angebauten Handelssorten besteht, deren Befall oder Nichtbefall ohne weiteres ein Urteil über die praktische Bedeutung einer bestimmten Herkunft oder eines Biotypen abgibt, so liegen die Spezialisierungsverhältnisse bei *Phytophthora infestans* darin anders. Die angebauten Kulturkartoffelsorten lassen, wie nachfolgende Ausführungen noch zeigen werden, keinen unterschiedlichen Befall durch die verschiedenen Rassen des Pilzes erkennen. Die Klone des jetzigen Test-Sortiments, die aus dem Zuchtmaterial nur auf Grund ihres verschiedenen Verhaltens gegenüber den einzelnen Rassen ausgewählt worden sind, haben vorerst für den Anbau keine praktische Bedeutung. Die Resistenzzüchtung braucht einen anderen Maßstab zur Beurteilung der Aggressivität der einzelnen Rassen. Dieser liegt nun einmal in dem Verhalten der Wildformen als dem Ausgangsmaterial für die Züchtung *Phytophthora*-resistenter Sorten und zweitens in dem Verhalten des Zuchtmaterials gegenüber den einzelnen Rassen.

In der Praxis haben sich bisher noch keine Beobachtungen dafür bringen lassen, daß die Annahme von Biotypen, die auf bestimmte Kar-

toffelsorten spezialisiert sind, zu recht besteht. Müller (1928b) unterzog diese Frage einer experimentellen Prüfung und konnte bei verschiedenen Herkünften des Pilzes auf einigen Sorten, vor allem „Roode Star“, gewisse Virulenzunterschiede beobachten, die ihn jedoch keine Spezialisierung der Herkünfte auf bestimmte Sorten annehmen ließen. Ein Vorhandensein von Virulenzunterschieden, die nicht genotypisch, sondern durch Kulturmaßnahmen bedingt sind, zeigten auch die Untersuchungen von Orth und Lehmann (1935). 1931 ergaben die weiteren von Müller an 724 Sorten durchgeführten Resistenzuntersuchungen eine Anfälligkeit aller geprüften Sorten in der für die Krautfäule charakteristischen Art. Auch dieses Ergebnis spricht nicht für ein Vorhandensein einer Spezialisierung des Pilzes innerhalb der Kulturkartoffelsorten im Sinne der Rost- oder Brandpilze beim Getreide.

Es wäre jedoch noch in diesem Zusammenhang auf die von Vowinkel (1926) erstmalig näher untersuchte Frage der Inkubationszeit einzugehen. Er fand, daß auf den Kultursorten Unterschiede in der Inkubationszeit und damit in der Fruktifikationsstärke des Pilzes zu beobachten waren. Besonders auffällig war das Verhalten verschiedener Sämlinge von Müllerschen Zuchtstämmen, deren Inkubationszeit teilweise 7—9 Tage betrug. Eine ausführliche Erörterung über die Bedeutung der Inkubationszeit für die Immunitätszüchtung findet sich bei Vowinkel und braucht deshalb an dieser Stelle nicht gebracht zu werden.

Diese und die von Müller (1928b und 1931) angeführten Untersuchungen zeigen also, daß einmal die Wahl des Wirtes von ausschlaggebender Bedeutung für die Inkubationszeit ist, daß andererseits aber auch gewisse Unterschiede in der Dauer der Inkubationszeit durch den Parasiten, und zwar durch verschiedene Herkünfte desselben, hervorgerufen werden können.

Nachdem nun bei den hiesigen Züchtungsarbeiten teilweise hochvirulente Rassen aufgetreten sind, bestand die Notwendigkeit, das Verhalten aller vorhandenen Rassen auf den Kultursorten zu prüfen. Schon gleich nach dem Auftreten der „Streckenthiner Rasse“ (Rasse 2 auf unserem Test-Sortiment) machte Schick (1932) vergleichende Infektionsversuche mit dieser neuen und der gewöhnlichen *Phytophthora*-Herkunft und stellte fest, daß sich diese beiden auf *Demissum*-Bastarden unterschiedlich, auf der als Kontrolle benutzten Kultursorte vollständig gleich verhielten. Wir haben nun 30 Kulturkartoffelsorten mit den 8 Rassen vergleichend geprüft. Es sind dieselben Sorten, die auch zu den Knollenuntersuchungen (Tabelle 3) herangezogen worden sind. Die Infektionsprüfungen hatten, wie zu erwarten war, eine durchgehende Anfälligkeit aller Sorten gegen alle 8 Rassen des Pilzes zum Ergebnis. Da jedoch keine unterschiedlichen Werte in der Inkubationszeit ein- und derselben Sorte gegenüber den 8 Rassen vorhanden waren, sei auf eine

tabellarische Wiedergabe verzichtet. Die Infektionen wurden an Grünstecklingen im Gewächshaus nach der von uns gebräuchlichen Methode durchgeführt. Die Temperatur schwankte zwischen 18 und 21° C. Die ersten makroskopischen Flecke wurden am dritten Tage sichtbar, am vierten Tage zeigten sich die ersten Sporangien, und am fünften und sechsten Tage war reichliche Fruktifikation zu beobachten.

Es sprechen also auch diese Ergebnisse dafür, daß erstens die vorhandenen Kulturkartoffelsorten keine Spezialisierung des Pilzes an bestimmte Sorten ermöglichen, und zweitens, daß die auf dem Test-Sortiment und, wie später ersichtlich, auf den Wildformen hochvirulenten Rassen des Pilzes von zumindest nicht höherer Virulenz infolge kürzerer Dauer der Inkubationszeit als die bisher im Freiland vorhandenen *Phytophthora*-Populationen sind. Ich möchte annehmen, daß, sofern auf den Kulturkartoffelsorten eine Neigung zur Spezialisierung besteht, diese während des langjährigen Anbaues von Kartoffeln schon in Erscheinung getreten sein würde. Die in Freilandbeständen auf Kultursorten parasitierende *Phytophthora* (Rasse 1) scheint die an diese Sorten am besten angepaßte und spezialisierte Form des Pilzes darzustellen.

Beobachtungen über Resistenzverhältnisse von Kartoffelwildformen und Resistenzprüfungen derselben sind schon seit langer Zeit von verschiedenster Seite gemacht worden. (Literatur s. Lehmann, 1937); jedoch ist dieses Problem wohl kaum im Hinblick auf eine mögliche Spezialisierung des Erregers erörtert worden. Es war nun interessant und zugleich eine für züchterische Arbeiten notwendige Voraussetzung, ein möglichst umfangreiches Kartoffelwildsortiment einer eingehenden Prüfung mit den 8 Rassen des Pilzes zu unterziehen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind an anderer Stelle veröffentlicht (Lehmann, 1937). Zusammenfassend kann gesagt werden, daß man heute nicht mehr von einer allgemein durchgehenden Widerstandsfähigkeit gegen *Phytophthora infestans* sprechen kann, sondern nur im einzelnen von einer speziellen Widerstandsfähigkeit bestimmter Wildformen gegenüber bestimmten Rassen des Pilzes; und zum anderen, daß das bis dahin widerstandsfähige Wildsortiment gerade durch das Auftreten der letzten Rassen auf wenige noch voll widerstandsfähige Formen zusammengeschmolzen ist. Diese Tatsache ist für die immer mehr mit diesen Wildformen arbeitende praktische Züchtung gerade deshalb von außerordentlicher Bedeutung, weil, wie eingangs schon kurz erwähnt wurde, eine Spezialisierung erst dann in Erscheinung tritt, sobald Wildformen zum Einkreuzen herangezogen werden. Es bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten, ob es möglich sein wird, durch Auswahl geeigneter Wildspezies eine Spezialisierung von vornherein zu verhindern.

Es ist selbstverständlich, daß das Verhalten der einzelnen Rassen auf den Nachkommenschaften von Wild- und Kulturformen in erster Linie von der Resistenz der Wildform selbst abhängt. Eine Hoffnung, daß nach Ein-

kreuzung von Wildformen, die gegen alle Rassen anfällig sind, unter der Nachkommenschaft widerstandsfähige Formen auftreten werden, ist kaum vorhanden. Wie weit die gegen einzelne Rassen noch widerstandsfähigen Typen der Wildspezies als brauchbare Elternpartner gelten können, müssen erst umfangreiche Untersuchungen erweisen. Zumindest bietet sich keine Aussicht, unter den Kreuzungsnachkommen solche Formen zu finden, die gegen die Rassen widerstandsfähig sind, die die Elternformen befallen. So ist zum Beispiel eine bestimmte Form von *Solanum demissum* Rio Frio nur gegen Rasse 1 widerstandsfähig. Die F_1 (*Solanum demissum* Rio Frio \times *Solanum tuberosum*) ist ebenfalls gegen Rasse 1 widerstandsfähig, gegen die Rassen 2—8 anfällig. Die weitere Rückkreuzung dieser F_1 mit *Solanum tuberosum*, also eine F'_2 -Generation, enthält, allerdings gegen ein Gemisch aller 8 Rassen, keine widerstandsfähigen Formen. Eine nur gegen Rasse 8 anfällige Form von *Solanum demissum* Buk. ist in der F_1 gegen die Rassen 1—7 widerstandsfähig, gegen Rasse 8 anfällig und enthält in der F'_2 gegen letztere Rasse keine widerstandsfähigen Formen.

Für die praktische Züchtung sind vorerst die gegen alle bekannten Rassen widerstandsfähigen Wildformen am wichtigsten, und das Verhalten der Nachkommenschaft zwischen diesen und Kulturkartoffeln interessiert natürlich am meisten.

Die Selektion des widerstandsfähigen Zuchtmaterials setzt erstmalig in der F_2 - bzw. F'_2 -Generation ein, die mit einem Gemisch aller 8 Rassen im Sämlingsstadium infiziert wird.

Es liegen nun einige interessante zahlenmäßige Angaben von Schmidt (1933) vor, die ein Licht auf die Resistenzverhältnisse verschiedener Rückkreuzungsgenerationen gegenüber 2 Rassen des Pilzes werfen.

Kreuzung	Widerstandsfähig gegen	
	Gewöhnliche Rasse	Streckenthiner Rasse
	%	%
F_1 <i>S. demissum</i> \times <i>S. tuberosum</i>	100	100
F'_2 <i>S. dem.</i> \times <i>S. tub.</i> \times <i>S. tub.</i>	41—83	7 —48
F'_3 <i>S. dem.</i> \times <i>S. tub.</i> \times <i>S. tub.</i> \times <i>S. tub.</i>	44—56	7 —24
F'_4 <i>S. dem.</i> \times <i>S. tub.</i> \times <i>S. tub.</i> \times <i>S. tub.</i> \times <i>S. tub.</i>	0,4	0,4—22,5

Hieraus ist einmal ersichtlich, daß der Anteil widerstandsfähiger Formen mit jeder weiteren Rückkreuzung abnimmt, und daß die Streckenthiner *Phytophthora*-Rasse auf dem geprüften Material von noch stärkerer Virulenz als die gewöhnliche *Phytophthora*-Rasse ist. Die Tatsache, daß gerade die letzten von uns isolierten Rassen von bedeutend höherer Virulenz sind, soll durch einige Beispiele näher erläutert werden. Von einer F'_2 der Kreuzung (*Solanum demissum* utile \times *Solanum tuberosum*) \times *Solanum tuberosum*, haben sich von etwa 1500 Pflanzen 75 nach Infektion mit den

Rassen 1—5 als widerstandsfähig herausgestellt. Nach Isolierung der Rassen 6, 7, 8 sind diese 75 Klone mit einem Gemisch dieser Rassen infiziert worden. Es blieben nur noch 5 Klone (0,3 %) gegen alle Rassen resistent.

Von folgenden F'₂-Generationen, die als Sämlinge mit einem Gemisch aller 8 Rassen infiziert worden waren, verhielten sich widerstandsfähig:

S. demissum utile × *Betula* × *S. tuberosum* 0,6 % von 809 Pflanzen,

S. demissum utile × *Flourball* × *S. tuberosum* 1,5 % von 2602 Pflanzen,

S. demissum utile × *Maibutter* × *S. tuberosum* 3,0 % von 222 Pflanzen,

S. demissum utile × *Seydlitz* × *S. tuberosum* 0,9 % von 746 Pflanzen.

Im Vorjahre blieben aus allen F'₂-Generationen nach zweimaliger Prüfung mit den 8 Rassen von etwa 135 000 Pflanzen nur 85, also 0,06 % resistent.

Diese wenigen Beispiele mögen hier genügen, um die Aggressivität eines Rassengemisches, in dem die letzten Rassen von ausschlaggebender Bedeutung sind, zu charakterisieren.

Für die Resistenzzüchtung besteht als Folge dieser Feststellung die Notwendigkeit, ein noch viel umfangreicheres Material zu verarbeiten, um zum Zwecke weiterer Selektion eine genügend große Anzahl widerstandsfähiger Formen zu behalten.

6. Das Verhalten der Rassen des Pilzes auf Knollen von Kultursorten und Test-Klonen und die Beziehungen zwischen Knollen- und Laubresistenz.

Im Rahmen der Züchtung *Phytophthora*-widerstandsfähiger Kartoffeln spielt die Frage der Knollenwiderstandsfähigkeit, wie besonders Müller (1925) und Vowinkel (1926) betont haben, nur eine untergeordnete Rolle. Mit dem Ausbleiben der Sporenbildung auf dem widerstandsfähigen Laub wird auch eine Infektion der Knollen durch die in die Erde eingeschwemmten Sporen unterbunden. Andererseits würden Pilz-widerstandsfähige Knollen eine Übertragung der Sporen oder des Myzels auf bzw. in das Laub verhindern, vorausgesetzt, daß die Überwinterung des Pilzes nicht auch außerhalb der Knollen stattfindet. Eine Klärung dieser Frage steht allerdings noch aus, und die Ansichten darüber gehen auseinander.

Jedoch noch in anderer Beziehung wäre eine Klärung der Zusammenhänge zwischen Laub- und Knollenwiderstandsfähigkeit für uns von großer Bedeutung. Einmal könnte man bei übereinstimmender Widerstandsfähigkeit von Laub und Knollen die Selektion widerstandsfähiger Formen, die im Frühjahr und im Sommer am Laub der Sämlinge vorgenommen wird, während des Winters an Knollen dieser Formen nachprüfen bzw. ergänzen, und dann hat ein aus Knollen zusammengesetztes Test-Sortiment gegenüber einem solchen aus Laub (Sämlinge oder Triebspitzen) rein arbeitstechnisch gewisse Vorzüge. Schließlich stellt gerade die Knolle für Unter-

suchungen über den ganzen Fragenkomplex der Ursachen der Widerstandsfähigkeit ein selten gutes Objekt dar. So haben beispielsweise die Arbeiten von Lepik (1930) über die chemische Zusammensetzung *Phytophthora*-infizierter und gesunder Knollen sehr aufschlußreiche Befunde ergeben.

a) Begriff der Knollenwiderstandsfähigkeit und Methoden ihrer Prüfung.

Bevor die experimentellen Ergebnisse besprochen werden, ist es notwendig, eine Darstellung der bisherigen Prüfungsmethoden und eine Klarstellung des Begriffes der Knollenwiderstandsfähigkeit voranzuschicken; denn selten besteht in der Beurteilung der Widerstandsfähigkeit einer Pflanze oder eines Pflanzenorgans in der Literatur solch Widerspruch wie in diesem Falle.

Die ersten Beobachtungen über Sporangienbildung auf Knollenscheiben und Myzelwachstum in der Knolle machte Hecke (1898), während Jones, Giddings und Lutman (1912) erstmalig Knollen verschiedener Sorten in ihrer Anfälligkeit miteinander verglichen haben. Sie beimpften sterile Kartoffelstücke in Reagenzgläsern und beurteilten die Anfälligkeit nach der Stärke der Luftmyzelentwicklung. Von Löhnis (1922) wurde die Richtigkeit dieser Versuchsanordnung bezweifelt, da manche sogenannte „widerstandsfähige Formen“ vom Pilzmyzel vollständig durchwuchert waren. Zur Beurteilung zog sie auch das Wachstum des Pilzes innerhalb des Wirtsgewebes mit heran, konnte jedoch keinen Unterschied im Infektionsverlauf bei den verschiedensten Sorten feststellen. Sehr umfangreiche und eingehende Versuche machte dann Vowinkel (1926), der vor allem die optimalen Bedingungen für das Myzelwachstum in der Knolle und die Fruktifikation auf Schnittstellen feststellte. Er versuchte, die Widerstandsfähigkeit durch Messung der in der Zeiteinheit im Knollengewebe verschiedener Sorten zurückgelegten Strecke von *Phytophthora*-Hyphen zahlenmäßig zu erfassen, mußte jedoch feststellen, daß sich Mark- und Rindenparenchym sehr unterschiedlich verhalten. Desgleichen weist Vowinkel darauf hin, „daß die makroskopisch feststellbare Verbräunung des Knollenfleisches ein wohl völlig unbrauchbarer Wertmesser für die Resistenz ist, wie durch noch unveröffentlichte Untersuchungen von K. O. Müller gezeigt wird. Die Verfärbung des Knollengewebes ist lediglich eine Reaktion des Wirtes auf den Angriff des Parasiten. Tritt diese Reaktion in Erscheinung, so hat der Pilz die betreffenden Gewebepartien schon längst durchwuchert.“

Von ganz anderer Seite versuchte Sorauer (1871) die Frage der Knollenwiderstandsfähigkeit zu klären. Er sah die Ursache für den Grad der Widerstandsfähigkeit in der Zahl der Korkzellenschichten, die bei den dickschaligen Sorten ein Eindringen der Pilzsporen besser verhindern als bei den dünnschaligen. Dementsprechend sollen erstere widerstandsfähiger

sein als letztere. In den Untersuchungen von Löhnis (1923) war die Zahl der Korkzellenschichten belanglos, entscheidend für das Eindringen dagegen nur die Beschaffenheit der Korkkambiumschicht. Diese Tatsachen machen es außerordentlich schwer, eine Gesamtbeurteilung der Knollenwiderstandsfähigkeit einzelner Sorten zu geben. Erst Köck (1931) ist sich darüber klar, welche unterschiedliche Bedeutung den einzelnen Untersuchungsmethoden für die Klärung des Problems der Knollenwiderstandsfähigkeit zukommt, wenn er sagt: „Meiner Ansicht nach ist aber gerade bei der Beurteilung der Widerstandsfähigkeit gegenüber *Phytophthora infestans*, insoweit es sich um Knolleninfektion handelt, streng zu unterscheiden zwischen Eindringungsresistenz und Ausbreitungsresistenz im Sinne Zimmermanns (1927)“. Erstere wird durch morphologische oder mechanische, doch auch durch anatomische und chemische Eigentümlichkeiten der Knollenschale bedingt, der Eintritt der Sporen wird verhindert bzw. erschwert. Der Ausbreitungsresistenz liegen dagegen Hemmungsfaktoren physikalischer und chemischer Natur zugrunde. Wir müssen also die Widerstandsfähigkeit der Knollen als ein Produkt aus Befallsmöglichkeit und Reaktionsfähigkeit ansehen. Es ist nun unbedingt notwendig, daß vergleichende Resistenzprüfungen nur mit solchen Infektionsmethoden durchgeführt werden, die von vornherein eine der beiden Faktorengruppen ausschalten. Ich möchte mit Köck annehmen, daß die inneren Faktoren chemisch-physikalischer Art, also die Reaktionsfähigkeit der Knolle, für die Resistenzbeurteilung von größerem Wert sind als äußere, nur im anatomischen Bau oder sonstigen Eigenschaften der Schale liegende Faktoren. Die Knollenschale kann immer nur ein gewisser Schutz sein; die kleinste Verwundung oder sogar schon die Lentizellen schaffen die Möglichkeit eines Eindringens der Sporen und damit der inneren Ausbreitung des Myzels.

Unter der Annahme des Vorhandenseins von Resistenzfaktoren innerer, chemisch-physikalischer Art untersuchte Köck (1931) vergleichend 94 Sorten auf ihre Widerstandsfähigkeit. Knollenscheiben von $\frac{1}{2}$ cm Dicke wurden in sterilisierte Petrischalen gebracht und bei 20° C infiziert und aufbewahrt. Er beobachtete dann Unterschiede in der Wachstums-schnelligkeit wie in der Wachstumsintensität des Myzels und stellte 6 Abstufungsgrade auf. In ähnlicher Weise verfuhr K. O. Müller (1935) bei seinen Untersuchungen, indem er an Knollenhälften Verbräunung des Gewebes, Wachstum des Knollen- wie des Luftmyzels und Fruktifikation des Pilzes zur Beurteilung heranzog. In Anlehnung an diese Methoden hat sich unsere, die kurz dargestellt werden soll, entwickelt.

Es werden zwei etwa $\frac{1}{2}$ cm dicke Scheiben aus den zu prüfenden Knollen herausgeschnitten und in Petrischalen gelegt, deren Boden mit feuchtem Filtrierpapier bedeckt ist. Diese beiden Scheiben gehören verschiedenen Knollen desselben Klons an. Die Temperatur des Raumes, in

dem die Petrischalen aufbewahrt werden, beträgt etwa 20° C. Kurz vor der Infektion wird jede Scheibe noch einmal parallel den Schnittflächen durchgeteilt, auf diese mittlere Fläche eine Sporensuspension aufgetropft und die beiden Hälften wieder aufeinander gelegt. Ursprünglich wurde nur die Oberseite einer Scheibe infiziert. Es stellte sich jedoch, vor allem bei anfälligen Knollen, eine vorzeitige Fäulniserscheinung ein, die eine Luftmyzelentwicklung weitestgehend unterdrückte und die Bonitierung dadurch sehr beeinträchtigte. Bei der jetzigen Infektionsmethode setzt

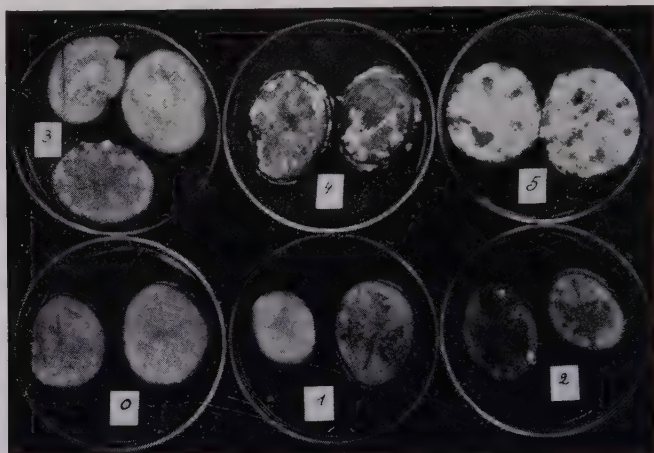


Abb. 3.
Bonitierung der Knollenwiderstandsfähigkeit.
(Beschreibung im Text.)

eine Fäulnis der Oberfläche erst nach vollentwickeltem Luftmyzel ein, nachdem die Bonitierung schon abgeschlossen ist.

Es sind nun die Formen als die anfälligsten bezeichnet, bei denen Luftmyzelentwicklung und Fruktifikation am schnellsten und stärksten, die Formen als die widerstandsfähigsten, bei denen dieser Vorgang entweder garnicht vorhanden ist oder sich am langsamsten und schwächsten vollzieht. Die Bonitierung haben wir, wie Abb. 3 zeigt, in 6 Klassen, von 0—5, vorgenommen. Die Knollen der Klasse 0 zeigen sowohl auf der Innen- wie Außenseite der Scheiben keine durch die Infektion hervorgerufene Veränderungen. Die Keimschläuche der Sporen vermögen nicht in das Parenchym einzudringen. Die in Klasse 1 eingestuften Knollen weisen auf der beimpften Schnittstelle (Abb. 3: 1, rechte Knollenscheibe) ganz schwache Nekrosen auf, das Pilzmyzel stirbt jedoch bald danach ab und wächst nicht weiter in die Knolle hinein. Die Außenseiten (Abb. 3: 1, linke Knollenscheibe) weisen dementsprechend keinerlei Veränderungen auf. Klasse 2 umfaßt die Formen, in die der Pilz weiter einzudringen vermag und Verbräunung ganzer Knollenteile verursacht, ohne jedoch zur Oberflächen-

Myzelbildung zu kommen. In Klasse 3 tritt auf der Oberseite der Knollen ganz vereinzelt und schwach ausgebildetes Luftmyzel auf, das meistens keine Fruktifikation zeigt. In bezug auf die Verbräunung der Knolle kann man von dieser Klasse ab zwei Typen unterscheiden. Einmal zeigt sich gleich anfangs eine mehr oder weniger starke, durch die ganze Knollenscheibe gehende Verbräunung. Im anderen Falle tritt bei gleicher Luftmyzelentwicklung nur eine ganz schwache Verbräunung des Knollengewebes ein. Eine gewisse Verbräunung setzt allerdings bei allen weiteren Klassen (3—5) später nach beendigter Myzelentwicklung ein, die dann jedoch keine typischen Unterschiede zuläßt. (Siehe auch Vowinkel). Klasse 4 und 5 unterscheiden sich nur durch die Menge und Intensität des Myzelwachstums. Bei 4 haben wir ein unregelmäßig über die Oberfläche verteiltes, nicht zusammenhängendes, flockiges Myzel, während in Klasse 5 ein dichter gleichmäßiger Myzelrasen die ganze Knollenscheibe überzieht.

Es gibt selbstverständlich Übergänge zwischen den einzelnen Klassen, doch ist das Reaktionsbild eines bestimmten Klones so wenig modifizierbar, so konstant und typisch, daß eine Bonitierung auf Grund zweier Knollen (Scheiben) für eine Gesamtbeurteilung des Klones ausreichend ist. Voraussetzungen für diese Prüfungen sind neben den oben angezeigten konstanten Außenbedingungen vor allem gesunde, turgeszente Knollen.

b) Das Verhalten von Knollen verschiedener Kultursorten gegenüber den 8 Rassen des Pilzes.

Mit Hilfe dieser Infektionsmethode wurden 30 Kulturkartoffelsorten auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen die 8 Rassen des Pilzes untersucht. Das Ergebnis bringt Tabelle 3. Die Anordnung der Sorten ist nach ihrer Reifezeit erfolgt. Die Knollen aller Sorten sind ausnahmslos anfällig gegen alle 8 Rassen des Pilzes. Es sind jedoch Sortenunterschiede in dem Sinn vorhanden, daß die Knollen früher Sorten, wenn man extreme Reifezeiten betrachtet, empfänglicher sind als die später. Sowohl die Luftmyzelentwicklung und Fruktifikation als auch vor allem die anschließende Zersetzung des Knollengewebes traten bei frühen Sorten stärker in Erscheinung als bei den späten. Zwischen diesen Formen mit extremer Reifezeit und ausgeprägter unterschiedlicher Empfänglichkeit liegen jene Sorten, die zwar auch meistens mit Anfälligkeitsgrad 5 bonitiert wurden, die jedoch nicht diese üppige Myzelentwicklung und rasche Zersetzung der Knollen hatten. Eine scharfe Abgrenzung ist nach keiner Seite vorhanden.

Weiterhin zeigt die Tabelle, daß die Knollen der angeführten Sorten sich gegenüber den 8 Rassen des Pilzes weitgehend einheitlich verhalten; wird eine Sorte stark befallen, dann wird sie von allen Rassen fast gleich stark befallen und umgekehrt. Eine Spezialisierung bestimmter Rassen auf bestimmten Sorten bzw. eine sichtbare Virulenzsteigerung der letzten Rassen kann nicht beobachtet werden. An Hand der Abb. 4—11 kommen

einerseits die Sortenunterschiede zwischen Früh- und Spätsorten und zum anderen das einheitliche Reaktionsvermögen der geprüften Kultursorten gegen alle 8 Rassen noch besser zum Ausdruck, als es die Bonitierung in der Tabelle ermöglicht. Eine Beobachtung, die sich quantitativ nur außerordentlich schwer erfassen läßt, soll jedoch noch wiedergegeben werden. Es hat den Anschein, als ob gewisse Virulenzunterschiede der

Tabelle 3.
Die Knollenwiderstandsfähigkeit von 30 Kulturkartoffelsorten
gegen die 8 Rassen des Pilzes.

Sorte	Phytophthora-Rasse									Reife
	1	2	3	4	5	6	7	8		
Holländer Erstling	5	5	5	5	5	5	5	5	fault	früh
Juli	5	5	5	5	5	5	5	5		
Zwickauer frühe Gelbe . .	5	5	5	5	5	5	5	5		
Hamburger Eierkartoffel .	5	5	5	5	5	5	5	5		
Poloragis	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5		
Knapp. früher Sämling . .	5	5	5	5	5	5	5	5	fault	
Maibutter	5	5	5	5	5	5	5	5	fault	mittelfrüh
Tannenberg	5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5		
Alma	5	5	5	5	5	5	5	5		
Frühgold	5	5	5	5	5	5	5	5		
Odenwälder Blaue	5	5	5	5	5	5	5	5		
Schneeragis	5	5	5	5	5	5	5	5		
Golfragis	5	5	5	5	5	5	5	5		
Parnassia	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	fault	mittelspät
Pepo	5	5	4-5	5	5	5	5	5		
Jubel	5	5	5	5	5	5	5	5		
Edda	5	5	5	5	5	5	5	5		
Konsuragis	5	5	4-5	5	5	5	5	5		
Goldwährung	5	5	4-5	5	5	5	5	5		
Ackersegen	5	5	5	5	5	5	5	5		
Erdgold	5	5	5	5	5	5	5	5		
Industrie	5	5	5	5	5	5	5	5		
Voran	5	5	4-5	5	5	4-5	4-5	4-5		
Ovalgelbe	5	5	5	5	5	5	5	5		
Stärkereiche	5	5	5	5	5	5	5	5		
Robinia	3	3	3	3	3	3	3	3		spät
Wohltmann	4-5	4-5	3	3-4	4	4	4	4		
Altgold	4-5	4	4	4-5	4	4	4	4		
Fram	5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5		
Bismarck	5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5		

einzelnen Rassen auf den Knollen der Sorten vorhanden sind, als ob die Rasse 1 besser an die Knollen der Kulturkartoffeln angepaßt ist und eine etwas schnellere Entwicklungsgeschwindigkeit besitzt als die übrigen Rassen, vor allem als die letzten. Diese Beobachtung findet in den Abbildungen nur bei den späten Sorten ihren Ausdruck, bei denen die Luftmyzelentwicklung in diesem abgebildeten Stadium ihr Maximum erreicht hat. Bei frühen Sorten dagegen wird diese Tatsache dadurch verwischt, daß

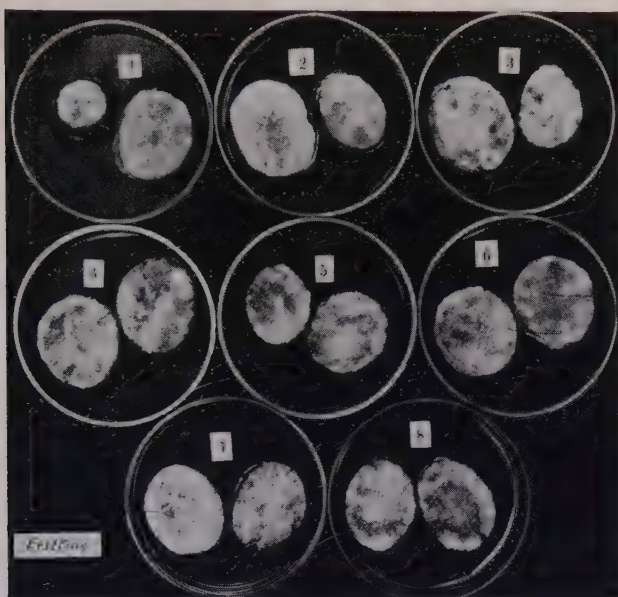


Abb. 4.

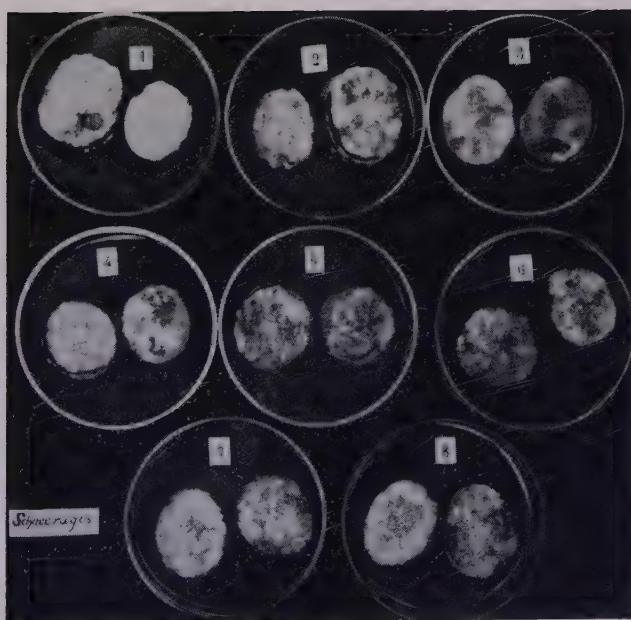


Abb. 5.

Die Knollenwiderstandsfähigkeit der Kultursorten.

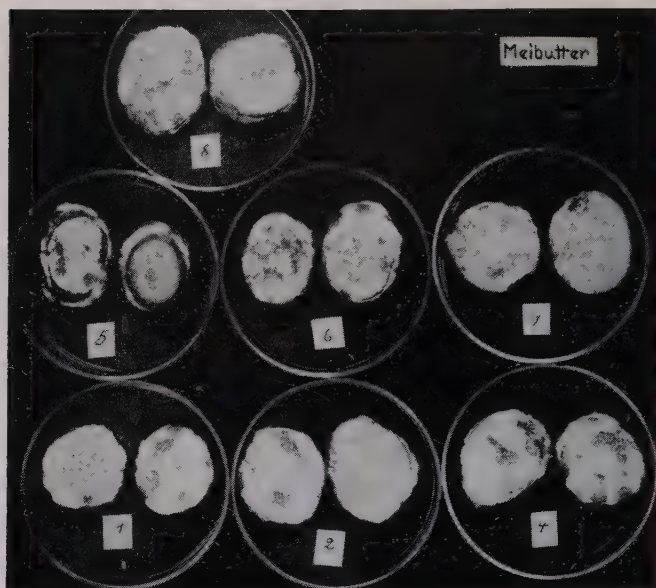


Abb. 6.

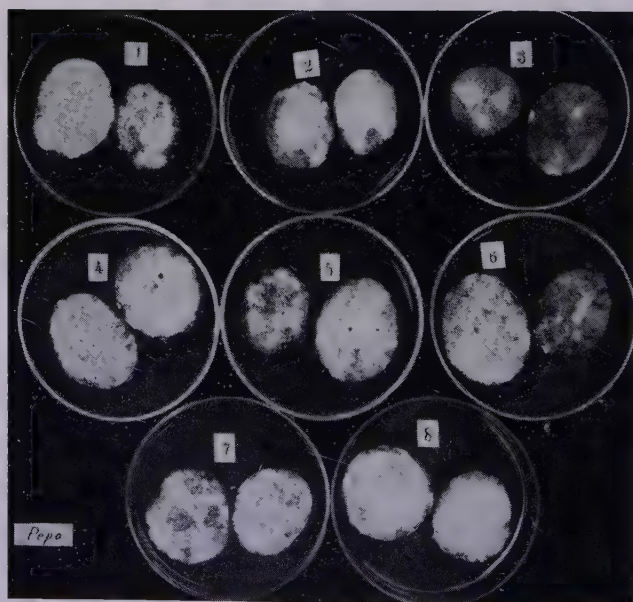


Abb. 7.

Die Knollenwiderstandsfähigkeit der Kultursorten.

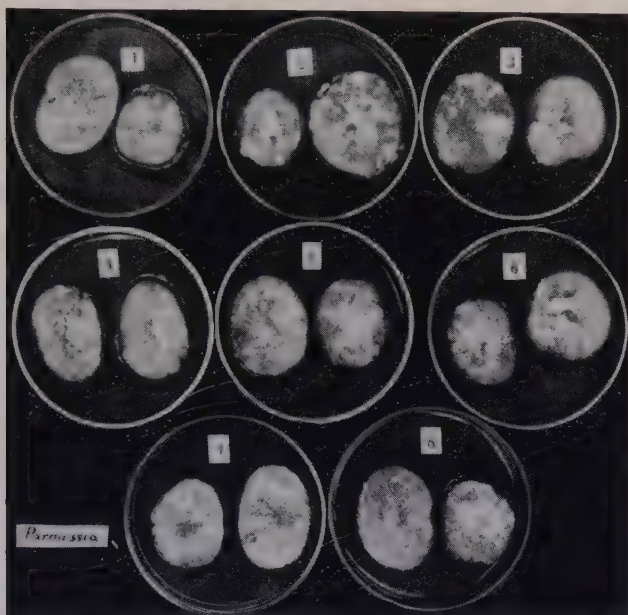


Abb. 8.

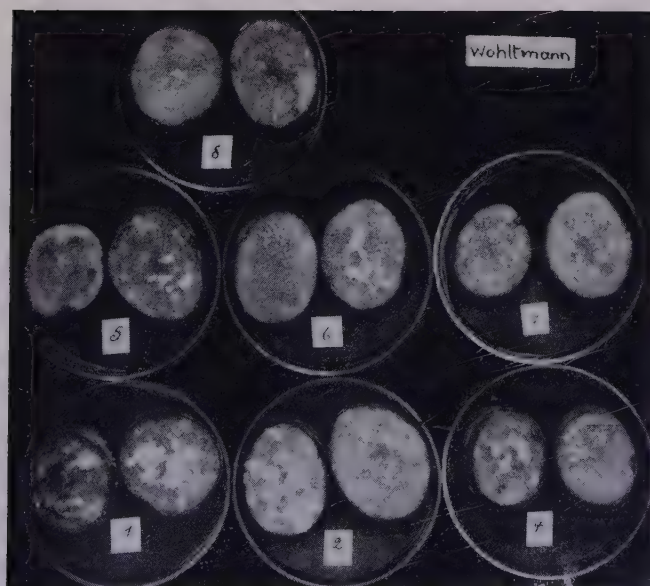


Abb. 9.

Die Knollenwiderstandsfähigkeit der Kultursorten.

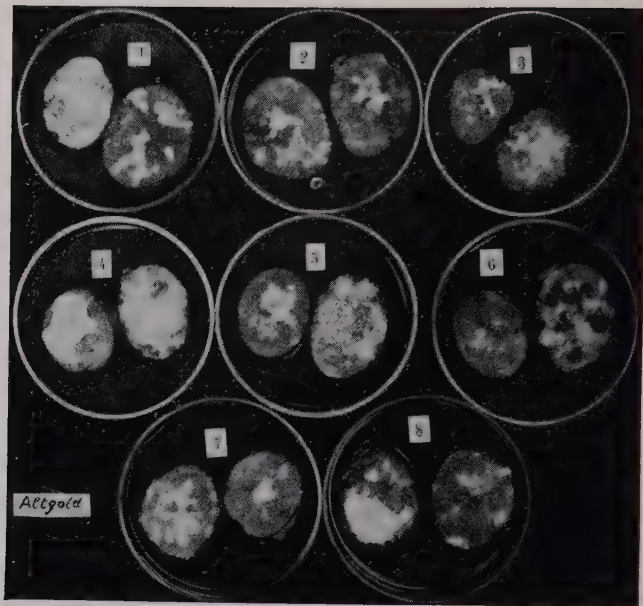


Abb. 10

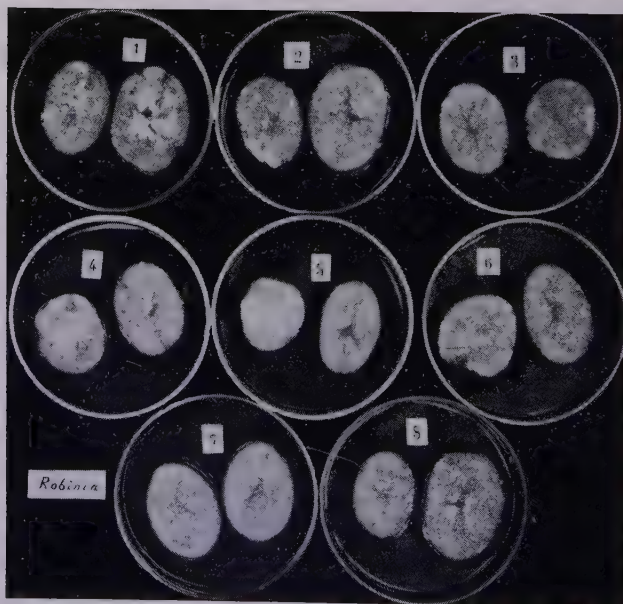


Abb. 11.

Die Knollenwiderstandsfähigkeit der Kultursorten.

das Maximum der Myzelentwicklung von Rasse 1 schon am Tag zuvor erreicht worden ist. Es bedürfen jedoch diese Beobachtungen noch einer umfangreichen experimentellen Nachprüfung.

c) Das Verhalten der Knollen des Test-Sortimentes gegenüber den 8 Rassen des Pilzes.

In gleicher Weise wie die Kultursorten wurden die Knollen des Test-Sortimentes in ihrer Widerstandsfähigkeit geprüft.

Die Tabelle 4 stellt das Prüfungsergebnis der Klone des Test-Sortimentes auf Grund der oben beschriebenen Bonitierung dar. Der Temperaturverlauf wurde während der Versuchszeit von einem Thermographen

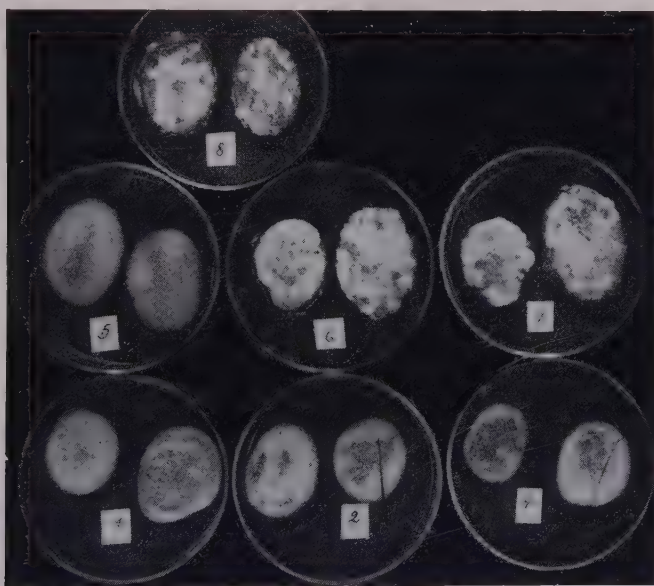


Abb. 12.

Das Verhalten eines Test-Klones (Nr. 11) gegen die Rassen des Pilzes.

Widerstandsfähig gegen die Rassen: 1, 2, (3), 4, 5.

Anfällig gegen die Rassen: 6, 7, 8.

aufgezeichnet und hielt sich etwa um 20°C konstant. Die Prüfungen wurden in 5 Serien wiederholt und ergaben jeweils dasselbe, für jeden Klon charakteristische Infektionsbild. Als Kontrolle wurde jede 10. Petri-schale mit einer *Solanum tuberosum*-Knollenscheibe versehen (Maibutter), die bei gelungener Infektion einen starken *Phytophthora*-Befall (Bonitierung 5) zeigte. Die meisten Klone verhielten sich nach Infektion mit den einzelnen Rassen vollkommen konstant und konnten leicht in eine der Befalls-

Tabelle 4.

Das Verhalten der 8 Rassen auf den Knollen des Test-Sortiments.

(Erklärung siehe Text.)

Klon-Nr.	Phytophthora-Rasse							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	11	33	11	23	33	33	33	34
2	22	45	22	44	33	34	33	33
3	23	45	22	55	55	55	55	55
4	00	33	11	33	33	33	33	34
5	01	01	11	11	01	44	44	44
6	11	11	11	11	11	23	55	55
7	11	01	11	00	00	23	34	44
8	22	22	22	22	12	45	44	44
9	01	12	11	22	11	55	55	55
10	11	23	22	23	23	33	44	44
11	23	23	23	23	22	55	55	55
12	22	23	23	23	23	55	55	55
13	12	23	11	22	11	34	34	34
14	01	22	11	11	11	55	55	55
15	—	—	—	—	—	—	—	—
16	—	—	—	—	—	—	—	—
17	22	23	22	55	44	44	44	44
18	11	12	11	23	33	22	44	44
19	11	22	11	33	33	22	55	55
20	11	12	11	33	34	22	34	34
21	22	22	11	33	44	22	55	55
22	01	33	11	44	34	23	55	55
23	01	22	11	22	33	22	33	33
24	11	22	11	45	44	22	55	55
25	11	11	11	44	44	23	45	44
26	11	23	01	23	33	22	33	33
27	11	23	11	55	55	33	55	55
28	22	23	11	55	44	23	55	55
29	11	23	11	23	33	33	44	44
30	22	22	33	45	44	22	45	44
31	33	23	44	44	33	12	44	55
32	45	55	45	55	55	55	55	55
33	55	33	23	33	33	33	33	33
34	23	33	33	33	33	33	33	34
35	34	33	33	33	33	33	44	44
36	23	23	34	34	33	33	44	55
37	23	33	44	34	44	44	55	55
38	11	22	33	44	44	23	55	55
39	23	23	34	44	33	33	55	55
40	44	44	45	55	55	44	55	55
41	23	23	33	44	34	23	44	44
42	44	23	55	55	55	55	55	55
43	23	55	45	55	44	55	55	55
44	00	34	01	23	33	55	34	34
45	11	55	11	55	44	55	55	55
46	11	44	11	44	33	44	44	34
47	11	55	11	55	55	55	55	45
48	11	55	11	55	44	45	55	55
49	55	44	44	55	45	55	55	55
50	34	34	55	33	33	44	55	45

klassen eingeordnet werden. Die restlichen zeigten gewisse Schwankungen, die sich jedoch nie außerhalb zweier Klassentypen bewegten. Zum Beispiel der Klon Nr. 22, der nach Infektion mit Rasse 1 einmal als 0, das andere Mal als 1 oder mit Rasse 5 einmal als 3, dann als 4 bonitiert worden ist. Dieses Verhalten wurde in der Tabelle 4 dadurch ausgedrückt, daß die Bonitierung mit 01 bzw. 34 erfolgte. Die Klone Nr. 15 und 16 konnten auf Knollen nicht geprüft werden, da sie als F_1 -Bastarde von zu schwachem und zu geringem Ertrag waren.

Die Infektionsergebnisse lassen nun an Hand der Tabelle 4 erkennen, daß im Gegensatz zu dem Verhalten der Kultursorten scharfe, ausgeprägte Unterschiede in der Widerstandsfähigkeit der verschiedenen Klone gegen die einzelnen Rassen bestehen (Abb. 12) und die Aggressivität besonders der letzten Rassen außerordentlich heftig ist.

d) Die Beziehungen zwischen Knollen- und Laubresistenz.

Soweit vergleichende Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Kraut- und Knollenanfälligkeit gemacht worden sind, haben sie zu keinem eindeutigen Ergebnis geführt. Auch hier mag zumindest zum Teil der negative Erfolg im Fehlen einer einwandfreien Vergleichsmethode zu suchen sein. Ohne näher auf die Methodik einzugehen, sollen einige Beispiele gebracht werden. De Bary (1876) fand bei gleichstark erkrankten Stauden verschiedener Sorten verschieden stark erkrankte Knollen. Löhnis (1923) fand bei der Sorte „Bravo“, daß Laub- und Knollenanfälligkeit bei derselben Sorte verschieden sein können. Das Laub dieser Sorte sei verhältnismäßig anfällig, während die Knollen ziemlich widerstandsfähig seien. Ein ähnliches Verhalten beobachtete Vowinkel (1926) für die Dahlemer W-Rassen. „Die ausgesprochen geringere Myzelausbreitung wurde bei den Knollen der Zuchtrasse festgestellt, auf deren Blättern die *Phytophthora* mit am frühesten fruktifiziert hatte“. Auch bei den Kultursorten konnte Vowinkel (1926) durch künstliche Infektionsversuche keine positive Korrelation zwischen Laub- und Knollenanfälligkeit feststellen. Auch Schander und Staar (1930) bestätigen auf Grund ihrer Beobachtungen diese Befunde.

Die Resistenzprüfungen der Kultursorten haben nun ergeben, daß diese sowohl im Kraut wie in den Knollen durchgehend anfällig gegen alle 8 Rassen des Pilzes sind, und daß meßbare Unterschiede in ihrem Verhalten gegen die einzelnen Rassen kaum vorhanden sind. Es kommen gewisse Sortenunterschiede zum Ausdruck, die allerdings mit dieser hier benutzten Infektionsmethode am Kraut nicht nachgewiesen werden konnten, die jedoch bei den Knollenprüfungen stärker hervortraten. Unter Berücksichtigung der Reifezeit der einzelnen Sorten stellte sich heraus, daß

Knollen von Sorten mit extrem früher Reifezeit anfälliger waren als die mit extrem später.

Um nun im einzelnen einen Vergleich zwischen Laub- und Knollenanfälligkeit der Test-Klone ziehen zu können, mußte die hier angewandte Klassenbonitierung in das $+\triangle-$ -Schema übertragen werden (s. Tabelle 1), das bei der Triebspitzenprüfung in Anwendung kam. Dazu war notwendig, da die Reaktion der Knollen nicht diese scharfen Unterschiede in anfällig oder widerstandsfähig wie beim Laub zeigt, daß einzelne Klassen zusammengefaßt werden mußten. Die Klone der Klasse 0, 1 und 2 stimmen nun darin überein, daß sie kein Luftmyzel bilden können. Es fehlt ihnen die Möglichkeit, vegetative Reproduktionsorgane zu bilden, und sie seien deshalb als „+“ bezeichnet. Die Klone, die mit 4 oder 5 bonitiert worden sind, unterscheiden sich nur durch die Intensität der Luftmyzel- bzw. Sporangienbildung, wie oben schon näher erläutert worden ist. Sie seien mit „—“ bezeichnet. Desgleichen sollen hierhin die Klone gerechnet werden, deren Verhalten zwischen 3 und 4 schwanken kann, ebenso wie die Klone, die mit 2—3 bonitiert worden sind, zu der Gruppe „+“ zu rechnen sind. Es verbleibt die Klasse 3, die bei der Knollenresistenz ein Übergangsstadium darstellt und in diesem Verhalten dem „ \triangle “-Schema entspricht.

Diese, in dem Bonitierungsschema in Übereinstimmung gebrachten Ergebnisse aus Laub- und Knolleninfektion sind in Tabelle 5 wiedergegeben. Das erste der beiden Bonitierungszeichen gilt für das Verhalten des Laubes, das zweite für das der Knollen.

Von den insgesamt 384 Kombinationstypen (48 Klone mal 8 Rassen) stimmen weitgehend im Kraut- und Knollenbefall 289, d. h. 75 % überein. In 23 Fällen geht das Verhalten von Kraut und Knollen stark auseinander. Diese Typen, mit $\bullet\bullet$ bezeichnet, sind im Laub immer mit „+“, in den Knollen immer mit „—“, und zwar mit 4 bzw. 5 bonitiert worden.

Die in der Tabelle in Laub- und Knollenbonitierung nicht übereinstimmenden, jedoch auch nicht mit $\bullet\bullet$ versehenen Typen, sind einmal im Kraut anfälliger als in den Knollen, in anderen Fällen umgekehrt. Jedoch ist immer eine der Bonitierungen „ \blacktriangle “ bzw. „ \triangle “, die andere „+“ oder „—“ bzw. „+“ oder „—“. Die Ursache dieser Diskrepanz mag darin zu suchen sein, daß bei der Knollenbonitierung die Unterschiede in Gruppe 3 nicht genügend scharf erfaßt und von einander getrennt werden können. Es liegen in diesen Fällen die Resistenzverhältnisse bei Laub und Knollen so eng, daß sie als übereinstimmend angesehen werden können. Die 23 Fälle, in denen weit auseinandergehende Abweichungen zu beobachten waren, treten vor allem bei verschiedenen Klonen nach Infektion mit Rasse 4 auf. Sonst kann aber keine Regelmäßigkeit in bezug auf Verteilung oder Vorkommen dieser Typen herausgelesen werden. Eine Erklärung für dieses Verhalten läßt sich zur Zeit nicht geben.

Tabelle 5.

Vergleich zwischen Kraut- und Knollenwiderstandsfähigkeit der Test-Klone.
Das erste Bonitierungszeichen für Kraut, das zweite für Knollen,
die mit ● ● bezeichneten stellen Abweichungen dar.

Klon- Nr.	Phytophthora-Rasse								Reifezeit
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	++	▲△	++	++	▲△	▲△	▲△	▲—	spät
2	++	▲—	++	▲—	▲△	▲—	▲△	—△	spät
3	++	▲—	++	●○	▲—	▲—	▲—	—	spät
4	++	▲△	++	△	△	△	△	—	spät
5	++	++	++	++	++	▲—	▲—	—	früh
6	++	++	++	++	++	++	—	—	mittelspät
7	++	++	++	++	++	++	—	—	mittelspät
8	++	++	++	++	++	—	—	—	spät
9	++	++	++	++	++	—	—	—	spät
10	++	++	++	++	++	—△	—	—	spät
11	++	++	++	++	++	—	—	—	früh
12	++	++	++	++	++	—	—	—	spät
13	++	++	++	++	++	—	—	—	spät
14	++	++	++	++	++	—	—	—	spät
15	+	+	▲	▲	+	—	▲	—	
16	+	+	+	▲	—	—	—	—	
17	++	++	++	●○	—	●○	▲—	▲—	spät
18	++	++	++	++	—△	++	—	—	mittelspät
19	++	++	++	++	—△	++	—	—	mittelspät
20	++	++	++	++	—	++	—	—	mittelspät
21	++	++	++	++	—	++	—	—	mittelspät
22	++	++△	++	●○	—	++	—	—	spät
23	++	++	++	●○	—△	++	—△	—△	spät
24	++	++	++	●○	—	++	—	—	mittel
25	++	++	++	●○	—	++	—	—	mittel
26	++	++	++	++	—△	++	—△	—△	spät
27	++	++	++	●○	—	++	—	—	spät
28	++	++	++	●○	—	++	—	—	spät
29	++	++	++	++	—△	++	—	—	spät
30	++	++	++	—	●○	++	▲—	▲—	spät
31	++	++	—	—	▲△	++	▲—	—	spät
32	●○	●○	●○	—	—	●○	—	—	
33	●○	++	++	—△	—△	++	—△	—△	
34	++	++	++	—△	—△	++	—△	—△	
35	▲—	++	++	—△	—△	—△	—	—	
36	++	++	—	—	—△	++	—	—	sehr spät
37	++	▲△	—	—	—	●○	—	—	spät
38	++	++	—△	—	—	++	—	—	spät
39	++	++	—	—	—△	++	—	—	spät
40	●○	●○	—	—	—	●○	—	—	spät
41	++	++	—△	—	—	++	—	—	früh
42	▲—	++	—	—	—	—	—	—	früh
43	++	—	▲—	▲—	—	—	—	—	früh
44	++	—	++	++	—△	—	—	—	spät
45	++	—	++	●○	—	—	—	—	mittelspät
46	++	—	++	●○	—△	—	—	—	spät
47	++	—	++	●○	—	—	—	—	mittel
48	++	—	++	●○	—	—	—	—	mittel
49	—	▲—	▲—	—	▲—	●○	▲—	—	spät
50	—	—	—	—△	—△	—	—	—	mittelfrüh

7. Diskussion der Ergebnisse und Ausblick auf weitere Arbeiten und neue züchterische Wege.

Die vorausgegangenen Untersuchungen zeigten einmal die weitgehende Übereinstimmung der Widerstandsfähigkeit zwischen Knollen und Laub, sowohl der Klone des Test-Sortimentes als einer Reihe von Kultursorten, zum anderen aber das stark unterschiedliche Verhalten der Test-Klone und der Kultursorten gegenüber den einzelnen Rassen von *Phytophthora inf.* Während die Kultursorten weitgehend einheitlich auf den Angriff der verschiedenen Rassen des Pilzes reagieren, zeigen sich die *Solanum demissum* × *Solanum tuberosum*-Bastarde außerordentlich spezifisch in ihrer Reaktion auf die 8 Rassen.

Diese beiden Tatsachen, ein einheitliches Verhalten der Kultursorten und eine nach Einkreuzung mit einer Wildform entstehende Spezialisierung von *Phytophthora inf.* lassen darauf schließen, daß es sich um grundsätzlich verschiedene Ursachen und Faktoren der Widerstandsfähigkeit bei den Kulturformen und den Wildformen bzw. ihren Bastarden handelt. Da es sich auf Grund der Untersuchungen von Jones (1905) und vor allem Müller (1931) herausgestellt hat, daß es unter den Kultursorten keine voll-widerstandsfähigen Formen gibt, sondern wie Vowinkel (1926) zeigte, höchstens einen unterschiedlichen Grad der Empfänglichkeit der einzelnen Sorten, liegt der Gedanke nahe, daß die „Widerstandsfähigkeit“ der Kultursorten nur ein ernährungsphysiologisches Problem ist, daß die einzelnen Sorten nur einen mehr oder weniger guten Nährboden für den Pilz darstellen. Für diese Annahme sprechen eine sehr große Anzahl von Beobachtungen und Experimenten, die mehr oder weniger alle die große Variabilität der Widerstandsfähigkeit der Kultursorten feststellen. Es sollen hier jedoch nur einige Beispiele angeführt werden. So glaubt Laurent (1899) nach eingehenden Untersuchungen, daß N-reiche Düngung sowohl Blätter als auch Knollen der Pflanzen für die Krankheit prädisponiert. Diese Feststellung wurde späterhin von verschiedenster Seite bestätigt und findet ihre Begründung in den Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung der Pflanzen bzw. der Knollen. Schon Sorauer (1871) fand eiweißreiche Pflanzen weniger widerstandsfähig als stärke-reiche; auch Paulsen (1887) und Petermann (1891) kamen prinzipiell zu dem gleichen Ergebnis. Die Tatsachen lassen sich nun im allgemeinen ohne Schwierigkeit mit den Beobachtungen der sorteneigentümlichen Widerstandsfähigkeit unter Berücksichtigung der Reifezeit in Einklang bringen. Frühreife Sorten sind im großen und ganzen N-reicher, stärke-ärmer und anfälliger als spätreifende Sorten, die N-ärmer und stärke-reicher sind. Die Ergebnisse der Knollenuntersuchungen konnten diese Zusammenhänge zwischen Anfälligkeit und Reifezeit bei Kultursorten bestätigen.

Der Einfluß des Alters der Wirtspflanze auf die Entwicklung des Parasiten, und damit auf die Widerstandsfähigkeit der Pflanzen selbst, der schon von Kühn (1871), De Bary (1876), Büchner (1895), Jones (1905), Eriksson (1916) und in neuerer Zeit von Oortwijn Botjes (1925), De Bruyn (1926) und Vowinkel (1926) als vorhanden festgestellt wurde, und die Beobachtungen von De Bruyn (1926), daß die Pflanzen unter verschiedenen Umweltbedingungen unterschiedlich anfällig sind, machen die Annahme ebenfalls sehr wahrscheinlich, daß die innere Widerstandsfähigkeit der Kultursorten in weitestem Sinne ein ernährungsphysiologisches Problem ist, und nicht auf spezifischen, genetisch bedingten Resistenzfaktoren beruht.

Ganz anders scheinen die Verhältnisse nun bei den untersuchten Test-Klonen, den Bastarden zwischen Wildformen und Kultursorten, zu liegen. Gerade die Tatsache der weitgehenden Übereinstimmung zwischen Knollen und Laub in ihrem gegen die einzelnen Rassen jeweils charakteristischen Reaktionsvermögen läßt ganz spezifische Hemmungsfaktoren als Ursache der Widerstandsfähigkeit annehmen. Ganz im Gegensatz zu der durch Außenbedingungen beeinflussten Widerstandsfähigkeit der Kultursorten fanden Reddick und Mitarbeiter (1931) und Croisier (1935), daß *Solanum demissum* Lindl. unter allen Bedingungen nach Infektion mit dem Pilz immun blieb, als Sämling mit nur 2 Kotyledonen und als ausgewachsene reife Pflanze. Die gleiche Beobachtung konnte während der hiesigen Untersuchungen gemacht werden. Sowohl die Wildformen, wie die von ihnen abgeleiteten Bastarde behielten ihr charakteristisches Verhalten unter allen äußeren Bedingungen und in jedem Entwicklungsalter bei. Wenn Müller (1931) berichtet, daß seine W-Rassen kurz vor dem Abschluß ihrer Vegetationsperiode doch noch befallen werden können und daß, wie er (1925) und Vowinkel (1926) zeigten, das Speicherparenchym der W-Rassenknollen mit der gleichen Intensität wie das der Kultursorten angegriffen wird, so scheinen die Verhältnisse für diese W-Rassen jedoch noch anders zu liegen. Eine weitere Erforschung dieser Fragen ist zur Lösung des ganzen Problems unbedingt notwendig. Sowohl chemisch-physiologische Untersuchungen als auch besonders die Frage der Genetik der Widerstandsfähigkeit dieser Wildformen können Klärung in diese Zusammenhänge bringen.

Die enge Kopplung, die bei den Kultursorten zwischen Widerstandsfähigkeit und Reifezeit zu bestehen scheint, konnte auch bisher von der praktischen Züchtung nicht getrennt werden. Auch Bukasov (1936) weist auf die Tatsache hin, daß es der Privatzüchtung bisher nicht gelungen ist, frühreife Sorten mit der Widerstandsfähigkeit spätreifer zu kombinieren. Durch Einführung neuer Kartoffelformen, offenbar solcher der *Andigenum*-Gruppe, in die alten Züchtungen hat man allerdings eine erhöhte Widerstandsfähigkeit erzielt (Wohltmann-Gruppe), doch hat bis

jetzt die Spätreife aller dieser Formen den Bestrebungen der Kombinationszüchtung hemmend im Wege gestanden.

Ganz anders verhält es sich nun mit den von *Solanum demissum* abgeleiteten Bastarden. Es scheint, jedenfalls bei den geprüften Test-Klonen, wie aus Tabelle 5 hervorgeht, keine Korrelation zwischen Widerstandsfähigkeit und Reifezeit der einzelnen Klone zu bestehen. Wenn auch das Test-Sortiment aus zumeist spätreifenden Formen besteht, die sich gegen die einzelnen Biotypen sehr unterschiedlich in ihrer Widerstandsfähigkeit verhalten, so finden sich unter den frühreifenden Klonen neben solchen, die gegen eine große Zahl von Biotypen anfällig sind, auch solche, die weitgehend widerstandsfähig sind. Die Untersuchungen von Müller (1928a), Reddick (1928), Salaman (1932) und Bukasov (1936) zeigen jedenfalls auch, daß zwischen Reifezeit und Widerstandsfähigkeit bei Bastarden von *Solanum demissum* und *Solanum tuberosum* keine Koppelung besteht.

In der Resistenzzüchtung gegen einen sich spezialisierenden Erreger kann man immer nur gegen die Rassen des betreffenden Parasiten züchten, die tatsächlich vorhanden sind. Alle noch nicht gefundenen bzw. noch nicht vorhandenen Biotypen können das bisher erreichte Ergebnis sehr in Frage stellen.

Die in der bisherigen Richtung fortgesetzte *Phytophthora*-Resistenzzüchtung würde ohne Zweifel in die Lage kommen, in der sich beispielsweise die Getreidezüchtung gegen Rost befindet. Wir würden Klone bzw. Sorten erhalten, die immer nur gegen einzelne Rassen widerstandsfähig sind. Und es müßte durch systematische Kombinationszüchtung versucht werden, den zerfallenen Komplex der Gesamtwiderstandsfähigkeit wieder zusammenzubringen.

Bei den Pflanzen, die innerhalb der Kultursorten schon eine Spezialisierung erkennen lassen, muß man diesen Weg gehen. Bei der *Phytophthora*-Resistenzzüchtung stehen wir vor der Tatsache, daß erst durch eine Spezies-Kreuzung eine Spezialisierung in Erscheinung trat. Es muß unbedingt Aufgabe der weiteren Forschung sein, festzustellen, ob jede Spezies-Kreuzung mit den in Frage kommenden Wildformen eine von Seiten des Pilzes vorhandene Neigung, Rassen zu bilden, zur Realität werden läßt.

Es wurde einleitend schon auf die relative Bedeutung des Test-Sortiments hingewiesen, und damit gleichzeitig die relative Bedeutung der Rassen dargelegt. Diese Tatsache bringt es mit sich, daß die hier erzielten Ergebnisse und Virulenzverhältnisse nicht verallgemeinert und mit anderen in dieser Richtung liegenden Ergebnissen verglichen werden dürfen. Da es bisher kein allgemeingültiges Test-Sortiment gibt, kann ein Vergleich der Pathogenität, der Virulenz und entsprechend der Bedeutung der einzelnen Biotypen nur schwer gezogen werden. Und es muß auch Aufgabe aller an diesem Problem interessierten Forscher sein, durch

Zusammenarbeit und Austausch eine gemeinsame Basis für diese Arbeiten zu finden. Es ist hier in Müncheberg der Versuch gemacht worden, ein neues Test-Sortiment aus Wildformen bestehend aufzubauen. Jedoch stehen diese Untersuchungen noch ganz im Anfang und bedürfen noch eingehender Prüfungen.

8. Zusammenfassung.

1. Im Verlauf der Arbeiten zur Züchtung *Phytophthora*-widerstandsfähiger Kartoffeln konnten bisher 8 biologische Rassen des Pilzes isoliert werden. Auf einem zu diesem Zweck zusammengestellten Test-Sortiment, bestehend aus Bastarden zwischen *Solanum demissum* *utile* und *Solanum tuberosum*, zeigten die 8 Rassen scharf abgegrenzte und sich wiederholende Unterschiede in ihrer Aggressivität auf den Test-Klonen. Die schwächste Wirkung besitzt Rasse 1, die von den 50 Test-Klonen nur 2 vollständig zu befallen vermag und die auf Grund von Herkunftsprüfungen der in Feldbeständen auf Kultursorten vorhandenen *Phytophthora infestans* schlechthin entspricht. Von stärkster Aggressivität ist Rasse 8, die 47 Klone vollständig und die drei restlichen schwach befällt.
2. Die variationsstatistischen Messungen der Sporangiengröße der 8 Rassen hatten in den beiden durchgeführten Versuchsreihen zu keinem übereinstimmenden Ergebnis geführt. Jede Messungsserie lieferte in sich betrachtet für eine Reihe von Rassen Mittelwerte, deren statistisch gesicherte Größenunterschiede auf morphologisch unterschiedliche Rassen schließen lassen. Bei der unter den gleichen Bedingungen durchgeführten Wiederholung ergaben sich nicht nur für einzelne Rassen abweichende absolute Werte, sondern sogar abweichende Werte der Verhältniszahlen der einzelnen Rassen zueinander. Die von mehreren Arten in der Gattung *Phytophthora* bekannte Plastizität der Form und Größe der Sporangien scheint auch bei der Spezies *infestans* so stark ausgeprägt zu sein, daß eine klare morphologische Abgrenzung der Rassen kaum möglich erscheint.
3. Die Untersuchungen über das Verhalten der 8 Rassen auf Laub und Knollen von Kultursorten und Test-Klonen hatten folgendes Ergebnis: Auf Laub und Knollen von 30 geprüften Kultursorten konnte keine Spezialisierung bestimmter Rassen an bestimmte Sorten beobachtet werden. Die Laubinfektionen erbrachten keine quantitativ meßbaren Unterschiede; die Resistenzunterschiede auf den Knollen zeigten sich dahingehend, daß Knollen frühreifer Sorten empfänglicher als die spätreifer Sorten waren. Ein meßbarer Unterschied im Grad der Empfänglichkeit gegen die einzelnen Rassen konnte ebenfalls nicht gefunden werden. Es hat jedoch

den Anschein, daß Rasse 1 auf Knollen der Kultursorten von größerer Virulenz ist. Im Gegensatz dazu zeigte sich bei den Test-Klonen auf Laub und Knollen eine weitgehend übereinstimmende, scharf ausgeprägte Spezialisierung bestimmter Rassen an bestimmte Klone. Ein Zusammenhang zwischen Widerstandsfestigkeit und Reifezeit scheint wenigstens bei den geprüften Test-Klonen nicht zu bestehen.

4. Die Bedeutung der einzelnen Rassen für die praktische Resistenz-züchtung kann an Hand des Test-Sortiments allein nicht gemessen werden. Als Maßstab muß einmal das Verhalten der Rassen auf den Wildformen als dem Ausgangsmaterial, und dann das Verhalten auf dem Zuchtmaterial angesehen werden. Das ursprünglich widerstandsfähige Wildsortiment ist gerade durch das Auftreten der letzten Rassen sehr stark zusammengeschrumpft. Der Anteil widerstandsfähiger Formen unter den Nachkommen zwischen widerstandsfähigen Wildformen und Kulturkartoffeln nach Infektion mit einem Gemisch aller 8 Rassen geht ebenfalls außerordentlich stark zurück. Es ergibt sich hieraus für die Züchtung die Notwendigkeit, ein noch größeres Material als bis dahin zu selektionieren, um mit genügender Sicherheit leistungs- und zugleich widerstandsfähige Sämlinge zu finden.

9. Literaturangaben.

- Appel, G. O. Beitrag zur Frage der Immunitätszüchtung der Kartoffel. Pflanzenbau **4**, 51—56, 1927.
- Bary, A. de. Researches into the nature of the potato-fungus, *Phytophthora infestans*. The Journal of the Royal Agric. Soc. of England, Vol. **XII**, 1876, 239—269.
- Bruyn, de. Waarnemingen over de Vatbaarheid van het loof von den Aardappelplant voor de Aardappelziekte. Tijdschrift over Plantenziekten, jaarg. 32, 1926.
- Büchner. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten. 1895, S. 98.
- Bukasov, S. M. The Problems of Potato Breeding. Americ. Potato Journal, Vol. **XIII**, Nr. 9, 1936, 235—252.
- Croisier, W. Some ecologic relations of the potato and its chief fungus parasite, *Phytophthora infestans*. Americ. Potato Journal, Vol. **XII**, 1935, Nr. 8.
- Dufrenoy, J. et L. La notion d'espèce chez les Phytophthorées. Rev. Bot. appl. Agric. colon. Paris, Bull. **72—73**, 1927, 530—536, 593—602.
- Eriksson, J. Über den Ursprung des primären Ausbruches der Krautfäule, *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary auf dem Kartoffelfelde. Arkiv för Botanik, Bd. **14**, Nr. 20, 1916, 72 p.
- Haskel, R. J. *Phytophthora infestans* on Eggplant in the United States. Phytopath. **11**, 1921, 504—505.
- Hecke, L. Untersuchungen über *Phytophthora infestans* de Bary als Ursache der Kartoffelkrankheit. Journal für Landwirtschaft, Bd. **46**, 1898, 98—142.
- Jones, L. R. Disease resistance of potatoes. U. S. Dep. Agr., Bur. Plant Ind. Bull. **87**, 1905.

- Jones, L. R. and Lutman, B. F. Further studies of *Phytophthora infestans*. Science, n. s. v. **31**, no. 802, 1910, 752—753.
- Jones, L. R., Giddings, N. J. and Lutman, B. F. Investigations of the potato fungus *Phytophthora infestans*. Bulletin Nr. **245** des Bureau of Plant. Industry des U. S. Department of Agriculture, 1912, 100 S.
- Kattermann, G. und Wenk, H. Ein neuer *Phytophthora*-biotyp auch in Bayern? Der Züchter, **5**, 1933, 129—132.
- Köck, G. Über das Verhalten der verschiedenen Kartoffelsorten gegenüber dem Erreger der Kartoffelknollenfäule (*Phytophthora infestans*). Fortschritte der Landwirtschaft, **6**, 1931, 518—522.
- Kühn, J. Bericht über Versuche zur Prüfung des Gulichschen Verfahrens beim Anbau der Kartoffel. Berichte aus dem physikalischen Laboratorium und der Versuchsanstalt des landwirtschaftlichen Instituts der Universität Halle, Bd. **1**, 1871, 1—100.
- Laurent, E. Recherches experimentales sur les Maladies des Plantes. Annales de l'Institut Pasteur, Bd. **13**, 1899, 1—48.
- Lehmann, H. Das heutige Ausgangsmaterial für die Züchtung *Phytophthora*-widerstandsfähiger Kartoffeln. (Unter Berücksichtigung der bisher aufgetretenen Biotypen von *Phytophthora infestans* de Bary). Der Züchter, **9**, 1937, 29—35.
- Lepik, E. Untersuchungen über den Biochemismus der Kartoffelfäulen. 1. Der Einfluß der *Phytophthora*-fäule auf die chemische Zusammensetzung der Kartoffelknolle. Phytopathologische Zeitschrift **1**, 1930, 49—109.
- Leonian, H. The Morphology and Pathogenicity of some *Phytophthora* Mutations. Phytopath. **16**, 1926, 723—730.
- Leonian, L. H. The Effect of different Hosts upon the Sporangia of some *Phytophthoras*. Phytop. **17**, 1927, 483—490.
- Leonian, L. H. Identification of *Phytophthora* Species. Agricult. Exp. Station, Bull. **262**, 1934, 1—35.
- Löhnis, M. P. Onderzoek over *Phytophthora infestans* of the Aardappelplant. Wageningen 1922.
- Löhnis, M. P. On the resistance of the potato tuber against *Phytophthora*. Rep. Intern. Confer. Holland, 1923, 174.
- Mehrlich, F. P. Physiologic specialization in *Phytophthora* species. Phytopath. **24**, 1934, 1148.
- Mehrlich, F. P. Pathogenicity and variations in *Phytophthora* strains causing heart-rot of pine apples plants (*Ananas*). Phytopath. **26**, 1936, 123—143.
- Müller, K. O. Neue Wege und Ziele in der Kartoffelzüchtung. Beiträge zur Pflanzenzucht, **8**, 1925, 45—72.
- Müller, K. O. Über die Züchtung krautfäule-resistenter Kartoffelsorten (vorläufige Mitteilung). Zeitschrift für Pflanzenzüchtung, **13**, 1928 a, 143—150.
- Müller, K. O. Untersuchungen über die Kartoffelkrautfäule und die Biologie ihres Erregers. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt Berlin, Bd. **16**, 1928 b, H. 1.
- Müller, K. O. Über die Entwicklung von *Phytophthora infestans* auf anfälligen und widerstandsfähigen Kartoffelsorten. (Untersuchungen über die Kartoffelkrautfäule und die Biologie ihres Erregers. II.) Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Bd. **18**, Berlin, 1931, H. 4, 465.
- Müller, K. O. Über die Biotypen von *Phytophthora infestans* und ihre geographische Verbreitung in Deutschland. Nachrichtenblatt des deutschen Pflanzenschutzdienstes, 1933, 91—92.
- Müller, K. O. Biotypenfrage bei *Phytophthora infestans*. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft **52**, 1934, 373—377.

- Müller, K. O. Über den augenblicklichen Stand unserer Kenntnisse zur biologischen Spezialisierung des Krautfäuleerregers der Kartoffel (*Phytophthora infestans*). Der Züchter, **7**, 1935, 5—12.
- Orth, H. und Lehmann, H. Über Degenerationserscheinungen bei *Phytophthora infestans*. Der Züchter, **7**, 1935.
- O'Connor, C. Potato breeding and resistance to blight. Gard. Chronicle, **93**, 1933, 104.
- Oortwijn Botjes, J. Onderzoek naar de vatbaarheid van aardappelsoorten voor de wratieziekte in de jaren 1922—1924. Tijdschrift over Plantenziekten, Jaarg. **31**, 31—35, 1925.
- Paulsen. Biedermanns Centralblatt. Agr. Chem. p. 107, 1887.
- Petermann, A. Experiences sur les moyens de combattre la maladie de la pomme de terre. Bull. Nr. 48 der Versuchsstation Gembloux, 1891.
- Reddick, D. Blight-resistant potatoes. Phytopathology, **18**, 1928, 483—582.
- Reddick, D., Crosier, W. F. and Mills, W. R. Blight immune potato hybrids. Proc. Pot. Assoc. Americ. **18**, 1931, 60—64.
- Reddick, D. and Croisier, W. F. Biological specialization in *Phytophthora infestans*. Americ. Pot. Journ. **10**, 1931, 60—64.
- Salaman, R. V. Recent progress in the breeding of potato varieties resistant to blight (*Phytophthora infestans*). Deuxième Congrès international de Pathologie comparée, 1931, S. 436—437.
- Schander, E. und Staar, G. Untersuchungen über die Bekämpfung der durch *Phytophthora infestans* hervorgerufenen Kraut- und Knollenfäule der Kartoffeln mit besonderer Berücksichtigung der kupferhaltigen Stäubemittel. (Aus dem Institut für Pflanzenkrankheiten der Preussischen Landw. Versuchs- und Forschungsanstalten in Landsberg a. d. W. Kartoffelbaugesellschaft e. V., Heft **33**, 1930.
- Schander und Mestel. Sortenversuche auf *Phytophthora*-Anfälligkeit. Mitgeteilt im Bericht über die Tätigkeit des Instituts für Pflanzenkrankheiten, Landsberg a. d. W., Landw. Jahrbücher, 1926, 64.
- Schick, R. Über das Verhalten von *Solanum demissum*, *Solanum tuberosum* und ihren Bastarden gegenüber verschiedenen Herkünften von *Phytophthora infestans*. (Vorläufige Mitteilung zur Frage der biologischen Spezialisierung von *Phytophthora infestans*). Der Züchter, **4** 1932, 233—237.
- Schick, R. und Lehmann, H. Zur physiologischen Spezialisierung von *Phytophthora infestans* de Bary. (Zugleich ein Beitrag zur Methodik der Züchtung krautfäulewiderstandsfähiger Kartoffeln.) Der Züchter, **8**, 1936, 34—46.
- Schick, R., Schaper, P. Das Verhalten von verschiedenen Formen von *Solanum demissum* gegenüber vier verschiedenen Linien der *Phytophthora infestans*. Der Züchter, **8**, 1936, 65—70, 102—104.
- Schmidt, E. Unsere Erfahrungen bei der Züchtung phytophthora-resistenter Kartoffeln. Der Züchter **5**, 1933, 173—179.
- Sidorov, F. F. Züchtung *Phytophthora*-widerstandsfähiger Kartoffelsorten. Phytopath. **27**, 1937, 211—244.
- Stuart, W. Disease-Resistant Potatoes. Vermont. Exp. Sta. Bull. **115**, 105.
- Sorauer, P. Kartoffeluntersuchungen. Neue Landw. Zeitung von Fühling, 20. Jahrg., 1871, S. 510—527, 600—612.
- Tucker, C. M. Taxonomy of the Genus *Phytophthora* de Bary. Missouri Agr. Exp. Sta. Res. Bull. **153**, 1931.
- Vowinkel, O. Die Anfälligkeit deutscher Kartoffelsorten gegenüber *Phytophthora infestans*, unter besonderer Berücksichtigung der Untersuchungsmethoden. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt, **14**, 1926, 588—641.
- Zimmermann, A. Sammelreferate über die Beziehungen zwischen Parasit und Wirtspflanze, Nr. 3. Centralblatt für Bakteriologie, Abt. II, Bd **70**, 1927, p. 51, 201, 411.

Aus dem Institut für Pflanzenkrankheiten Landsberg (Warthe).

Über Keimung und Wachstum von *Ustilago zae* (Beckm.) Ung. mit besonderer Berücksichtigung der Infektion.

Von

Dorothea Itzerott.

I. Einleitung.

Seit den grundlegenden Arbeiten Brefelds (1883, 1895) über die Biologie der Ustilagineen ist immer wieder die Entwicklung von *Ustilago zae* in Abhängigkeit von inneren wie äußeren Faktoren Gegenstand zahlreicher Untersuchungen gewesen. So haben wir heute Kenntnis von vielen wichtigen Einzelheiten im Lebensablauf des Pilzes. Schon Brefeld fand, daß das Alter der Brandsporen und das Keimmedium eine bestimmte Wirkung auf die Keimung hatten. So keimten eben ausgereifte Sporen in Wasser überhaupt nicht, hingegen in Nährlösung; ein halbes Jahr nach ihrer Entwicklung bildeten sie aber auch in Wasser Keimschläuche. Allerdings widersprechen die Befunde von Piemeisel (1917) diesen Angaben. Piemeisel beobachtete sofortige Keimung junger Brandsporen in Wasser, konnte aber auch feststellen, daß das Alter doch einen gewissen Einfluß hatte. Brandsporen zeigten noch nach fünf Jahren eine bestimmte Keimfähigkeit, doch machte sich nach einem Jahr eine beträchtliche Verminderung der Keimkraft geltend. Kornfeld (1937) stellte fest, daß Brandsporen, je nach der Art des Bodens, in dem sie lagen, eine verschieden lange Keimfähigkeit behielten. Er gibt sogar ein Alter von acht Jahren für Sporen in Sand und Lehmboden als Grenze der Lebensfähigkeit an. Die Brandsporen können nach Hüttig (1931) schon bei 0° C auskeimen, allerdings wird die Art der Keimung durch die niedrige Temperatur verändert. Jones (1923) gibt als Minimum 8° C an, als Optimum bezeichnet er die Temperaturen zwischen 26° C und 34° C, das Maximum liegt bei 36—38° C. Nach Platz, Durrell und Howe (1927) wird optimale Keimung bei einem CO₂-Gehalt der Luft von 15% erzielt, höhere Konzentrationen hemmen die Keimfähigkeit. Auch läßt sich die Brandsporenkeimung durch hohe Konzentrationen von Säuren im Keimmedium verhindern. (Lesczenko [1926], Borzini [1935], Kornfeld [1937]). Dagegen wirken geringe Säuremengen als Stimulans. (Gaßner [1925], Lesczenko [1926]). Aus diesen Angaben ist ersichtlich, daß die Brandsporen große Widerstandsfähigkeit gegen alle Art äußerer Einflüsse haben. Das gleiche gilt ebenfalls für die

nächste Entwicklungsphase des Pilzes, die Sporidienbildung. Das Wachstum der Sporidien hört erst oberhalb einer Temperatur von 46°C auf. Nach Piemeisel können Sporidien in Reinkulturen $3\frac{1}{2}$ Jahr lang lebensfähig bleiben, allerdings konnte dann nichts Sicheres mehr über ihre Infektionsfähigkeit gesagt werden. Es scheint also, daß *Ustilago zae* während seiner saprophytischen Lebensphase in hohem Maße unabhängig von äußeren Einflüssen ist. Diese „Unabhängigkeit“ noch einmal hinsichtlich einiger Faktoren zu untersuchen, war die erste Aufgabe dieser Arbeit.

Weit interessanter wird die Entwicklung von *Ustilago zae* mit Beginn der parasitischen Lebensweise, also mit Beginn der Infektion der Wirtspflanze. Jetzt spielen zahlreiche Faktoren für das Gelingen der Infektion, d. h. für den vollständigen Lebensablauf des Pilzes bis zur Brandsporenbildung, eine wichtige Rolle. Nach Hanna (1929), Christensen (1932), Bauch (1933) u. a. ist *Ustilago zae* heterothallisch. Es müssen also stets zwei Geschlechter zum Gelingen der Infektion vorhanden sein, da nur das diploide Myzel oder die dikaryotischen Sporidien infektiös sein sollen. Doch berichten Christensen (1932) wie auch Eddins (1929) von homothallischen Stämmen, die ebenfalls Infektion hervorriefen. Nach Sleumer (1932) ist die Temperatur wie auch die Luftfeuchtigkeit für das Gelingen künstlicher Infektionen wichtig. Dagegen soll nach Immer und Christensen (1928) für Freilandinfektionen die Temperatur fast gar keine Rolle spielen. Seit Brefeld (1883) ist man der Ansicht, daß die Infektion lokal begrenzt ist (Potter und Melchers [1925], Davis [1935], Walter [1935] u. a.). Jedoch ist die Art der Infektion in keiner Weise geklärt. Nach Borzini (1935) spielen die im Boden vorhandenen Sporen als Infektionsquelle gar keine Rolle, während Kotte (1936) und Kornfeld (1937) der Bodeninfektion eine gewisse Bedeutung zuschreiben. Solange wir aber nicht wissen, „ob die Infektion nur durch Sporidien oder durch Brandsporen direkt und in beiden Fällen nur nach Verletzung der Pflanze erfolgen kann“ (Sleumer), solange wir die Art der Infektion wie den weiteren Entwicklungsgang des Pilzes in der Pflanze nicht genau kennen, dürfte es schwierig sein, eine Bekämpfung des Maisbeulenbrandes auf biologischer Grundlage zu unternehmen. Deshalb war meine weitere Aufgabe, an Hand künstlicher Infektionen die Infektion der Maispflanze durch *Ustilago zae* zu untersuchen.

II. Material und Methoden.

Zu den Untersuchungen wurde ein Stamm von *Ustilago zae* benutzt, der 1936 aus dem hiesigen Gallenmaterial isoliert und auf Kartoffelsaftagar weiter kultiviert worden war. Zum Vergleich wurde außerdem mit einem Stamm der Hindukusch-Expedition gearbeitet. Da diese Versuche aber völlig mit den Ergebnissen des Landsberger Stammes übereinstimmten, werden sie in der Arbeit nicht erwähnt. Für die Sporenkeimungsversuche wurden sowohl „alte“ Brandsporen (Sporen, die 1936 geerntet und, nachdem sie einem Trockenprozeß unterworfen worden waren, im hiesigen Institut aufbewahrt wurden) wie

Sporen aus stäubenden Brandbeulen des Jahres 1937 verwandt. Da sich nur ein geringer Unterschied hinsichtlich der Schnelligkeit der Keimung zeigte, dieser Unterschied nach 48 Stunden meist völlig verwischt war, so beziehen sich die Zahlen für die Keimungsversuche, wenn nicht anders angegeben, sowohl auf alte wie junge Brandsporen. Die mitgeteilten Werte stellen Mittelwerte aus 8 Einzelergebnissen dar. Für die Gewächshausversuche wurde nur Pommermais verwandt. Die Pflanzen wurden in Komposterde (pH um 7,2) zu je drei Pflanzen je Topf, von denen eine als Kontrolle diente, herangezogen. Als Nähr- und Keimmedien für *Ustilago zeae* dienten zwei verschiedene Nährlösungen, eine von Rippel (1931) und Itzerott (1936) benutzte Lösung (Anfangs-pH um 4,6) und eine 1%ige Maltynährlösung (Anfangs-pH um 5,5), wie sie schon von Sleumer (1932) für Keimungsversuche verwandt wurde. Zur Erreichung verschiedener Azidität wurden Milchsäure, Essigsäure und Zitronensäure als organische Säuren, von Mineralsäuren Phosphorsäure und Salzsäure benutzt. Geringe Säuregrade wurden durch Zusatz von K_3PO_4 erreicht. Wachstum und Keimung verliefen in beiden Nährlösungen stets gleich, so daß die Art der Kulturlösung bei den Versuchen nicht besonders erwähnt wird. Als Kulturgefäße dienten Erlenmeyerkolben zu 100 ccm, die mit 20 ccm Nährlösung beschickt wurden. Die sterilisierte Nährlösung wurde mit Pilzmyzel, seltener mit einer dichten Brandsporensuspension geimpft, und dann bei einer Temperatur von 26° C im Thermostaten kultiviert. Die Sporidienentwicklung wie die Myzelbildung verliefen unter den geprüften Bedingungen gleich, so daß die Versuche zusammen besprochen werden. Die Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration erfolgte mittels des Ionometers von Lautenschläger unter Benutzung der Chinhydronelektrode. Sämtliche Chemikalien stammten von Merck.

III. Keimung und Wachstum von *Ustilago zeae* in Kulturlösungen.

1. Der Einfluß der Wasserstoffionenkonzentration.

Wie schon erwähnt, wurde verschiedentlich der Einfluß von Säuren auf die Keimung von Brandsporen untersucht. So prüfte Lesczenko (1926) die Wirkung organischer wie anorganischer Säuren auf die Sporenkeimung von *Verticillium albo-atrum* und *Ustilago zeae*. Er stellte fest, daß die Keimung bei bestimmten Säurekonzentrationen aufhörte. Zwar führte er schon diese schädigende Wirkung auf zu hohe Wasserstoffionenkonzentration zurück, doch untersuchte er noch nicht, in welchem Maße die H-Ionen die Keimung hemmten. Nach Versuchen von Webb (1922) besteht für die Sporenkeimung und das Wachstum gewisser Pilze (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Ustilago avenae*) eine bestimmte Abhängigkeit von der H-Ionenkonzentration, und zwar ergab sich für jeden Pilz ein ganz bestimmtes Bild. Es war also anzunehmen, daß sich *Ustilago zeae* ähnlich verhalten würde. Es wurde zunächst geprüft, ob sich die Wasserstoffionenkonzentration ermitteln ließe, bei der die Brandsporenkeimung völlig aufhörte. Tabelle 1 gibt uns ein Bild der Sporenkeimung in stark saurem pH-Bereich.

Wie die Tabelle zeigt, keimen die Brandsporen recht gut in stark saurem pH-Bereich. Jedoch erlischt die Keimung völlig bei allzu großer Wasserstoffionenkonzentration ($pH < 2,5$). Oberhalb dieser Grenze beginnen dann die Sporen, je nach Art der zugesetzten Säure, die anscheinend ebenfalls einen bestimmten Einfluß auf die Keimung hat, mehr oder

Tabelle 1.

Brandsporenkeimung unter dem Einfluß starker Azidität.

(Die Zahlen beziehen sich auf eine Versuchsdauer von 48 Std. und sind in Prozent angegeben.)

Säure	pH des Keimmediums								
	2,1	2,25	2,5	2,8	3,0	3,2	3,5	4,0	4,25
Milchsäure	0	0	30	42	54	60	75	80	90
Citronensäure	0	0	10	20	35	50	90	90	90
Essigsäure	0	0	0	0	0	0	0	20	50
Salzsäure	0	0	40	40	53	60	67	80	90
Phosphorsäure	0	0	40	42	50	55	75	80	90

minder gut zu keimen, um dann schon bei recht beträchtlichen Säuregraden eine Keimzahl von 80—90% zu erreichen. Jedoch gilt dies nur für den größten Teil der geprüften Säuren. Setzen wir dem Keimmedium Essigsäure zu, so scheinen die Brandsporen viel säureempfindlicher zu sein, beginnt doch die Keimung jetzt erst um pH 4,0. Auch in diesen Versuchen macht sich demnach die schädigende Wirkung der Essigsäure bemerkbar, wie sie von Sakamura und Kanamori (1935) an Wurzelhaaren und Becker (1936) an Staubfadenhaaren von *Tradescantia* beobachtet wurde. So berichten Sakamura und Kanamori, daß eine HCl-Lösung bei pH 4,0 noch völlig unschädlich für das Protoplasma ist, während bei Essigsäure in gleichem pH-Bereich die Wurzelhaare geschädigt werden. In diesem Fall kann also nicht die Wirkung der H-Ionen für die Schädigung maßgeblich sein; es wird deshalb die Menge der undissoziierten Moleküle, die in gleichem pH-Bereich naturgemäß bei schwach dissoziierten Säuren größer ist als bei stark dissoziierten Säuren, als Erklärung für die besondere Rolle der Essigsäure herangezogen (Becker, Sakamura und Kanamori). Wir sehen daraus, daß wohl die H-Ionenkonzentration eine bestimmte Wirkung auf die Keimung ausübt, daß aber außer ihr auch andere Faktoren mitberücksichtigt werden müssen.

Bis jetzt haben wir nur die Keimung in stark saurem pH-Bereich besprochen. Es war nun von Interesse, ob sich bei geringerer Azidität ebenfalls bestimmte Gesetzmäßigkeiten finden ließen. Das Ergebnis dieser Versuche zeigt Tabelle 2.

Tabelle 2.

**Minimum und Maximum der Brandsporenkeimung
in Abhängigkeit von der Wasserstoffionenkonzentration.**

(Verwandt wurden Sporen von 1936; die Keimzahlen sind in Prozent angegeben.)

Versuchsdauer in Stunden	pH des Keimmediums							
	2,25	2,5	3,2	4,4	5,1	6,36	7,25	8,55
48	0	30	60	90	60	50	10	0

Nach dieser Tabelle liegt der günstigste pH-Bereich für die Sporenkeimung um 4,4. Sinkt die H-Ionenkonzentration, so wird auch die Keimung geringer, um dann in schwach alkalischem Gebiet völlig aufzuhören. Danach könnte es also scheinen, als ob für *Ustilago zeae* in schwach alkalischen Böden nur sehr geringe Keimungsmöglichkeiten vorhanden wären. Das Ergebnis gibt uns aber eine Erklärung dafür, weshalb die Keimkraft der Brandsporen nach einem Jahr so merklich nachläßt. Untersuchen wir nämlich die Brandsporenkeimung von eben ausgereiften Sporen unter den gleichen Bedingungen, so ergibt sich ein verändertes Bild. Das soll Tabelle 3 veranschaulichen.

Tabelle 3.

Brandsporenkeimung in Abhängigkeit vom Alter und der H-Ionenkonzentration.

(Benutzt wurden Sporen von 1937; die Keimzahlen sind in Prozent angegeben.)

Versuchsdauer in Stunden	pH des Keimmediums							
	2,25	3,2	4,4	5,1	6,94	7,29	7,7	8,5
48	0	65	95	80	80	80	80	80

Wie die Zahlen ergeben, ist kein Unterschied zwischen der Keimung „alter“ wie „junger“ Brandsporen bemerkbar, wenn wir den Bereich starker Acidität vergleichen. In schwach saurem wie schwach alkalischem Gebiet vermögen aber nur noch junge Sporen eine hohe Keimziffer zu erreichen. Danach läßt sich also sagen, daß starke Acidität in gleicher Weise auf Sporen verschiedenen Alters wirkt, daß jedoch keimungshemmende Wirkungen der OH-Ionen nur an Sporen in bestimmter Entwicklung zu bemerken sind.

Für die Keimung der Brandsporen spielt die Ch eine gewisse Rolle. Die Keimung wird durch zu starke H-Ionenkonzentration ($\text{pH} < 2,5$) völlig unterbunden, und zwar gilt das für Sporen verschiedenen physiologischen Alters. Im Gebiet schwach alkalischer bis schwach saurer Reaktion werden nur Sporen, die ein höheres Alter haben, in ihrer Keimkraft geschädigt, bzw. völlig am Auskeimen verhindert. Das letztere Ergebnis kann von gewissem praktischen Wert sein.

In den beschriebenen Versuchen wurde nur die Brandsporenkeimung unter dem Einfluß der Wasserstoffionenkonzentration untersucht. Nun gibt Webb (1922) an, daß eine Nährlösung bestimmter Acidität, in der die Sporen noch recht gut keimen können, für die Sporidienbildung nicht mehr zuträglich sein kann. Auch war nach den Erfahrungen an „alten“ und „jungen“ Brandsporen damit zu rechnen, daß sich für die weitere Entwicklung des Pilzes andere Beziehungen zur Wasserstoffionenkonzentration herausstellen würden. Inwieweit diese Vermutung richtig war, zeigt Tabelle 4.

Tabelle 4.

Sporidienbildung in stark saurem pH-Bereich.

(Die Versuchsergebnisse beziehen sich auf eine Kulturdauer von 6 Tagen.)

Säurezusatz	Anfangs-pH der Nährlösung							
	2,5	2,7	2,8	3,2	3,6	3,9	4,2	4,4
Milchsäure	—	—	+	+	+	+	+	+
Zitronensäure	—	—	+	+	+	+	+	+
Essigsäure	—	—	—	—	—	+	+	+
Phosphorsäure	—	—	+	+	+	+	+	+
Salzsäure	—	—	+	+	+	+	+	+

Wir sehen also, daß die Wasserstoffionenkonzentration ebenfalls auf die Sporidienbildung einen bestimmten Einfluß hat, und zwar ergibt sich ein recht ähnliches Bild wie für die Brandsporenkeimung.

Bei bestimmter H-Ionenkonzentration hat auch das Pilzwachstum eine Grenze. Ist die Azidität der Nährlösung zu groß ($\text{pH} < 2,8$), so erfolgt keine Sporidienbildung mehr. Allerdings liegt dieser Umschlagpunkt im Vergleich mit der Brandsporenkeimung in etwas weniger saurem Gebiet. Doch verträgt der Pilz immerhin noch recht hohe Säuregrade ohne irgendwelche Schädigung, denn oberhalb pH 2,7 ist gute Sporidienbildung und Pilzwachstum zu verzeichnen. Dies gilt aber wiederum nur mit Ausnahme der Essigsäure. Wie auch bei der Brandsporenkeimung beginnt die Sporidienbildung bei Verwendung von Essigsäure erst bei geringerer Azidität ($\text{pH} > 3,9$).

Nach diesen Ergebnissen war es von Interesse, wie Sporidienbildung und Pilzwachstum bei geringerer Wasserstoffionenkonzentration verlaufen würden, und ob sich vielleicht auch hier in schwach alkalischem Gebiet eine Hemmung des Pilzwachstums bemerkbar machen würde. Tabelle 5 zeigt, daß dies nicht der Fall ist.

Tabelle 5.

Sporidienbildung**in Abhängigkeit von der Wasserstoffionenkonzentration.**

Kulturdauer in Tagen	Anfangs-pH der Nährlösung								
	2,7	2,8	3,2	3,5	4,4	5,5	6,9	7,7	8,5
6	—	+	+	+	+	+	+	+	+

Innerhalb des geprüften pH-Bereiches war keine Wirkung auf die Entwicklung der Sporidien zu bemerken. Es ist natürlich möglich, daß sich in sehr alkalischem Gebiet doch eine Schädigung zeigt (nach Webb findet bei $\text{pH} > 10$ in den meisten Fällen kein Pilzwachstum mehr statt), jedoch war dies im Rahmen meiner Arbeit weniger wichtig.

Der Wasserstoffionenkonzentration kommt demnach für die Brandsporenkeimung wie auch für die Sporidien-

bildung im wesentlichen der gleiche Einfluß zu, nur liegt die Grenze für das Pilzwachstum im Bereich etwas geringerer Azidität als der Sporenkeimung.

2. Die Wirkung von Schwermetallen.

Wie in der Einleitung schon erwähnt wurde, gelten die im Boden befindlichen Sporen von *Ustilago zae* als eine der Ansteckungsquellen für die Maispflanzen. Da nun dem Saatgut oft Sporen anhaften (Kornfeld [1937]) und damit die Gefahr besteht, Brandsporen in den Boden hineinzutragen oder ihn noch stärker damit zu verseuchen, wird ab und an die Forderung erhoben, das Maissaatgut zu beizen (Kotte [1936], Kornfeld u. a.). Die Wirkung des Beizmittels wurde aber in allen bisher durchgeführten Versuchen nur auf Grund der Erfolge behandelter und nicht behandelter Maisparzellen erschlossen. Es wurde jedoch nicht untersucht, in welchem Maße die gebräuchlichen Beizmittel (Präparate, die meist Hg, Cu und As entweder allein oder in Verbindungen enthalten) die Sporenkeimung und das Pilzwachstum schädigen, und inwieweit die erzielten Erfolge anderen Ursachen zuzuschreiben sind. Schon Gaßner [1925] konnte zeigen, daß geringe Dosen von Giften die Brandsporenkeimung stimulierten. Es war deshalb von Interesse zu untersuchen, wann die Brandsporenkeimung durch Schwermetalle gefördert werden könnte, und bei welchen Konzentrationen sich die vergiftende Wirkung auf Sporenkeimung und Sporidienbildung bemerkbar machen würde. Es wurde zunächst der Einfluß von Kupfer und Quecksilber geprüft, und zwar wurden die Metalle in Form löslicher Chloride der Nährlösung in verschiedenen Konzentrationen zugesetzt. Tabelle 6 zeigt das Ergebnis der Versuche.

Tabelle 6.
Brandsporenkeimung in CuCl_2 -haltigen Nährlösungen
und in Kontrollen.

Versuchsdauer in Stunden	Konzentration in Prozenten	Keimung in Prozenten	
		CuCl_2	Kontrolle
48	0,5	0	80
48	0,1	0	75
48	0,05	0	78

Selbst in so geringen Konzentrationen, wie sie Tabelle 6 angibt, ist also die Brandsporenkeimung völlig gehemmt. Sollte demnach etwas über die stimulierende Wirkung der Schwermetalle ausgesagt werden, so mußte mit viel geringeren Dosen gearbeitet werden. Deshalb wurde in den folgenden Versuchen 100 ccm Nährlösung eine wechselnde Menge von Tropfen einer 1%igen oder 0,1%igen Lösung zugesetzt. Tabelle 7 gibt Aufschluß über diese Versuche.

Tabelle 7.

**Brandsporenkeimung in Keimmedien mit geringen Hg- und Cu-Zusätzen
und in Kontrollen.**

a: 1%ige Lösung, b: 0,1%ige Lösung.

Versuchsdauer in Stunden	Tropfen- zahl	Keimung in Prozenten			
		CuCl ₂	Kontrolle	HgCl ₂	Kontrolle
a {	48	0	75	0	72
	48	0	76	0	75
	48	0	77	10	75
b {	48	0	80	50	76
	48	Vereinzelt	78	60	75
	48	10	80	60	81

Wie die Zahlen beweisen, wirken die verschiedenen Metalle nicht gleich schädlich auf die Sporenkeimung. So wird CuCl₂ in weit geringeren Dosen als HgCl₂ vom Pilz vertragen, wird doch bei kleinen Hg-Zusätzen noch immerhin eine verhältnismäßig gute Keimzahl erreicht, wenn sie auch hinter der der Kontrolle zurückbleibt. Von einer stimulierenden Wirkung der geprüften Metalle war demnach in meinen Versuchen nichts zu beobachten.

Untersuchen wir im Anschluß an diese Versuche noch die schädigende Wirkung von Arsen, so ergibt sich, daß wir es hier mit dem schwersten Gift für die Brandsporenkeimung zu tun haben. Niemals wurde innerhalb der angegebenen Konzentrationen auch nur vereinzelt Keimung der Brandsporen beobachtet. Demnach läßt sich nach der schädigenden Wirkung für die Keimung folgende Reihe für die geprüften Gifte aufstellen:

As > Cu > Hg.

Besprechen wir noch ganz kurz den Einfluß der Schwermetalle und des Arsens auf die Sporidienbildung, so ergibt sich eine große Ähnlichkeit mit der Brandsporenkeimung. Völlig hemmend auf die Entwicklung wirkt Arsen, bei Zusätzen von CuCl₂ zeigt sich auch dann Sporidienbildung, wenn Brandsporenkeimung beobachtet wird. Die gleichen Ergebnisse gelten auch für die Brandsporenkeimung und Sporidienbildung unter der Wirkung von Hg, so daß wir dieselbe Abhängigkeit der Sporidienbildung von der oben aufgestellten Reihe verzeichnen können.

Aus diesen Versuchen ergibt sich also, daß *Ustilago zeae* unter bestimmten Bedingungen völlig an der saprophytischen Entwicklung gehindert werden kann.

3. Der Einfluß wechselnder Temperatur.

Wie aus den vorherigen Versuchen ersichtlich ist, ist es möglich, den Pilz durch bestimmte Einflüsse so zu schädigen, daß er völlig in seiner Entwicklung gehemmt ist. Nun werden aber diese Bedingungen selten

in der Natur vorkommen, und es war darum wichtig festzustellen, ob sich Faktoren ermitteln ließen, die das Pilzwachstum auch unter gegebenen Umständen schädigen könnten. Da Hüttig (1931) und Jones (1923) den Einfluß der Temperatur auf die Brandsporenkeimung nachgewiesen haben, außerdem die Temperatur als ein Faktor gilt, der im schwachen oder starken Auftreten des Maisbeulenbrandes eine Rolle spielt, so schien es aussichtsreich, die Wirkung der Temperatur auf die Sporidienbildung zu untersuchen. Da bekannt ist, daß die Sporidien bis zu 46°C noch lebensfähig sind, außerdem auch das Einfrieren recht gut vertragen (Piemeisel, 1917), so sollte in meinen Versuchen nur der Einfluß der in kurzen Zeiträumen stark wechselnden Temperatur auf die Entwicklung des Pilzes untersucht werden.

Die Untersuchungen wurden in einem Gewächshaus ausgeführt, das bei heftiger Sonnenbestrahlung zwischen 12 und 14 Uhr eine maximale Temperatur von $35\text{--}40^{\circ}\text{C}$ aufwies. Dagegen sanken die Temperaturen nachts beträchtlich, so daß die Differenzen zwischen der höchsten und tiefsten Temperatur meist um 20°C betrugen. Nun haben wir es in unserem Klima nie mit derartigen Temperaturunterschieden zu tun, trotzdem sind diese Versuche von Wichtigkeit als Ergänzung zu den schon besprochenen Ergebnissen. Tabelle 8 zeigt das Resultat der Versuche.

Tabelle 8.

**Sporidienbildung bei wechselnder Temperatur
und bei verschiedener Wasserstoffionenkonzentration und in Kontrollen.**
(Die Ergebnisse beziehen sich auf eine Kulturdauer von 6 Tagen.)

Temperaturdifferenz in 12 Stunden	Anfangs-pH der Nährlösungen													
	2,95		3,65		4,32		4,85		5,02		5,55		7,77	
Mittel	Versuch	Kontrolle	Versuch	Kontrolle	Versuch	Kontrolle	Versuch	Kontrolle	Versuch	Kontrolle	Versuch	Kontrolle	Versuch	Kontrolle
20,04 ° C. . . .	—	+	—	+	—	+	—	+	+	+	+	+	+	+
15,7 ° C. . . .	—	+	—	+	—	+	—	+	+	+	+	+	+	+
10,2 ° C. . . .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Es war demnach bei sehr hohen Temperaturschwankungen für den Pilz nicht mehr möglich, sich diesen extremen Unterschieden anzupassen. In Jahren beträchtlichen Witterungsunterschiedes, wie er besonders in außerdeutschen Gegenden auftreten kann, könnte man also mit geringerem Befall durch den Maisbeulenbrand rechnen, wenn die Temperatur der einzige Faktor wäre, der das Wachstum der Sporidien beeinflussen würde. Wie uns aber die Tabelle zeigt, ist der Einfluß der Temperatur sehr begrenzt. Schon im pH-Bereich schwach saurer Reaktion können so große Temperaturschwankungen von 20°C innerhalb eines Tages recht gut vom Pilz vertragen werden. Da aber für unsere geographischen Breiten höchstens

mit Temperaturdifferenzen von 9—11 °C (Landsberg) zu rechnen ist, scheint demnach der geprüfte Faktor für uns keine Rolle zu spielen, vollzieht sich doch die Sporidienentwicklung innerhalb dieser Temperaturen völlig ungestört. In welchem Maße diese Ergebnisse aber doch wichtig sind, wird später zu besprechen sein.

4. Die Bedeutung des isoelektrischen Punktes.

Wie die Ergebnisse beweisen, kann man von einer gewissen Unabhängigkeit der Entwicklung von *Ustilago zeae* sprechen, müssen doch stets mehrere Faktoren zusammenwirken, damit der Pilz in bestimmtem Ausmaß geschädigt wird. Nun teilen Scott (1924) und Robbins und Scott (1925) mit, daß Pilze bei bestimmter Wasserstoffionenkonzentration eine sehr geringe Wachstumsfähigkeit und, sind es parasitische Pilze, auch zugleich ein Minimum der Infektionstüchtigkeit aufweisen. Da aber der IEP eines Ampholyten durch das Maximum oder Minimum gewisser Zustandsgrößen gekennzeichnet ist (so zeigen Quellung, osmotischer Druck und Viskosität im IEP ein Minimum, dagegen ist maximale Empfindlichkeit gegen Koagulationsmittel vorhanden), so wurde aus der geringen Wachstumsfähigkeit der Pilze auf das Vorhandensein eines IEP geschlossen. Auch fand Robbins, daß sich der IEP der Pilzmyzelien auf andere Weise ermitteln ließ. Nach seinen Untersuchungen stimmte der pH-Bereich geringsten Wachstums mit dem pH-Gebiet überein, in dem sich ein Umschlagpunkt in der Speicherung saurer und basischer Farbstoffe zeigte.

Allerdings sind in neueren Arbeiten Einwände gegen diese Bestimmung des IEP gemacht worden. So besteht nach Kobs und Robbins (1936) keine Beziehung zwischen IEP und pH-Abhängigkeit der Giftwirkung saurer und basischer Farbstoffe. (Saure Farbstoffe wirkten bei zunehmender Wasserstoffionenkonzentration giftiger, basische Farbstoffe dagegen bei geringerer H-Ionenkonzentration.) Vor allem zeigen Bünning (1936) und Drawert (1937a), daß es einen IEP der Zelle, bzw. des Pilzmyzels gar nicht gibt, daß mit der Methode der Speicherung von sauren und basischen Farbstoffen nur der IEP der einzelnen Zellbestandteile bestimmt werden kann. Auch ist zu berücksichtigen, daß der IEP der einzelnen Zellbestandteile sehr labil ist und leicht durch äußere Einflüsse aller Art, zum Beispiel durch mechanische Verletzung der Zellschichten (Drawert [1937b]) wie durch die Ch des umgebenden Mediums verändert werden kann. Trotz dieser Einwände sollte geprüft werden, ob sich eine Beziehung zwischen dem Umschlagpunkt der Speicherung saurer und basischer Farbstoffe und der Ch geringsten Pilzwachstums ergeben würde.

Für meine Versuche kamen von sauren Farbstoffen Säurefuchsin und Methylorange, von basischen Farbstoffen Methylenblau und Neutralrot in Konzentrationen von 0,01—0,005 % zur Verwendung (Zur Methode vgl. Strugger [1935], Bünning [1936], Drawert [1937a]). Geprüft wurde

die Speicherung der Farbstoffe an der Färbbarkeit des Zellinhalts junger Sporidienkulturen (4 Tage) und zum Vergleich an Pilzmyzel verschiedenen Alters. Das Ergebnis der Versuche zeigt Tabelle 9.

Tabelle 9
Speicherung saurer und basischer Farbstoffe von Sporidien und Pilzmyzel.
(Einwirkung der Farblösungen 20 bis 30 Minuten.)

pH	2,3	2,5	3,3	3,7	4,6	5,8	7,45	8,6
Sporidien (saure Farbstoffe)	+	+	—	—	—	—	—	—
(basische Farbstoffe)	—	—	+	+	+	+	+	+
Pilzmyzel (saure Farbstoffe)	+	+	+	+	—	—	—	—
(basische Farbstoffe)	—	—	—	—	+	+	+	+

Wie die Versuche ergeben, liegt ein Umschlagspunkt in der Farbstoffspeicherung zwischen pH 2,5 und 3,3 für Sporidien. Nun ist aber die Wasserstoffionenkonzentration des Zellinnern bei Einzellern weitgehend von der pH des umgebenden Mediums abhängig (Gutstein [1933]). Demnach ließe sich also der Umschlagspunkt der Farbstoffspeicherung für die Sporidien mit der Wasserstoffionenkonzentration des Zellinnern gleichsetzen, ohne daß allerdings berücksichtigt wird, daß auch Einzeller schon über eine gewisse Regulationsfähigkeit verfügen. Da nun die Wasserstoffionenkonzentration des Zellinnern im embryonalen Zustand noch dem IEP zahlenmäßig am ähnlichsten ist (mit zunehmendem Alter der Zellen weichen beide Werte immer mehr voneinander ab (Yamaha und Ishii [1933])), so ist der IEP für die Sporidien trotz der vorhin besprochenen Einwände im Gebiet stark sauren pH-Bereiches, also zwischen 2,5 und 3,3 zu suchen. Auch spricht die Tatsache, daß wir es in diesem pH-Bereich mit der Zone geringsten Pilzwachstums zu tun haben, ebenfalls für die Annahme eines IEP.

Wie Tabelle 9 angibt, verhalten sich die Pilzhyphen hinsichtlich der Farbstoffspeicherung etwas anders. Hier liegt der Umschlagspunkt zwischen 3,7 und 4,6, also, wie zu erwarten war, bei weit geringerer Azidität als für die Sporidien, stellen diese doch die jüngere Form des Pilzes dar. Da sich aber der IEP mit zunehmendem Alter der Zellen in das Gebiet geringerer Wasserstoffionenkonzentration verschiebt, war mit einer anderen pH-Abhängigkeit der Farbstoffspeicherung der Pilzhyphen zu rechnen.

Da es nach den oben besprochenen Tatsachen nicht mehr möglich ist, von „dem IEP“ der Zelle zu reden, so muß abschließend gesagt werden, daß dem IEP im Sinne Robbins nicht mehr die Bedeutung für die Pilzentwicklung zukommen kann, daß aber der IEP, der sich für das Zellinnere der Sporidien ergab, vielleicht von Wichtigkeit bei der Infektion des Pilzes in Form der Sporidien werden dürfte. Doch sind diese Beziehungen noch nicht genauer untersucht.

IV. Infektion und Pilzwachstum in der Wirtspflanze.

1. Die Bedeutung der Bodeninfektion.

Wie für andere parasitische Pilze so gilt auch für *Ustilago zeae*, daß ein Teil seiner Entwicklung nur in der Wirtspflanze stattfinden kann. (Brandsporenbildung wurde bis jetzt nie in künstlicher Kultur beobachtet.) Da über die Art der Infektion wie über das Entwicklungsstadium (Brandsporen, Sporidien oder ein- oder zweikernige Hyphen), in dem der Pilz die Wirtspflanze befällt, nur wenig Untersuchungen vorliegen (Sleumer [1932], Walter [1934], Davis [1935]), war es von Interesse, ob eigene Versuche zur Klärung dieser Fragen beitragen könnten.

Schon in der Einleitung wurde erwähnt, daß die Infektion nur unter bestimmten Voraussetzungen eintritt. Unter Infektion wurde aber dabei die Zeitspanne begriffen, die bis zum völligen Abschluß der Pilzentwicklung nötig ist, d. h. bis zum Auftreten reifer Brandbeulen an der Maispflanze. Doch ist dieser Erfolg der Infektion nicht immer mit dem Eindringen des Pilzes in die Pflanze gewährleistet. Darauf weist schon Davis hin, und ich konnte die gleichen Beobachtungen machen. Es soll aber später noch im Zusammenhang auf diese Dinge eingegangen werden.

Der Bodeninfektion wird im großen ganzen kein besonderes Gewicht beigelegt. Das geht schon aus der Tatsache hervor, daß das Maissaatgut nicht gebeizt zu werden braucht, weil die Beseitigung dieser Ansteckungsquelle einen viel zu kleinen Erfolg im Verhältnis zu Beizkosten und anderen Infektionsmöglichkeiten verspricht. Allerdings wird in letzter Zeit das Beizen des Saatgutes öfter gefordert (Kotte, 1936, Kornfeld, 1937). Kornfeld kommt auf Grund seiner Versuche zu recht guten Ergebnissen. Er gibt an, daß in gebeizten Parzellen ein viel geringerer Brandbefall auftrat als in ungebeizten Maisbeständen. Danach müßte also der Bodeninfektion doch eine bestimmte Bedeutung zukommen. Nun widersprechen die Angaben von Borzini diesen Befunden vollkommen. Borzini (1935) lehnt nach seinen Untersuchungen die Bodeninfektion ab, da er niemals mit im Boden vorhandenen Brandsporen die geringste Infektion erzielen konnte. Mir schien es deshalb wichtig, noch einmal zu untersuchen, ob es dem Pilz auf dem Wege der Bodeninfektion wirklich gelingt, die Wirtspflanze zu infizieren.

Zunächst benutzte ich dieselbe Versuchsanordnung, wie sie schon Borzini angewandt hatte, und die darin bestand, die Erde für die Anzucht der Maispflanzen stark mit Brandsporen zu verseuchen. Zur Infektion wurden sowohl Sporen von 1936 wie von 1937 benutzt. Das pH der Erde betrug in allen Versuchen um 7,2. Die Töpfe befanden sich in einem Raum, in dem sich unmöglich Brandsporen in der Luft vorfinden konnten. Tabelle 10 stellt die Ergebnisse dar.

Tabelle 10.
Bodeninfektion mit „alten“ und „jungen“ Brandsporen.

	Zahl der Pflanzen in infizierter Erde	Zahl der Kontrollen	Zahl der Pflanzen mit Gallbildung
Alte Sporen	435	150	2
Junge Sporen	240	80	4

Die Zahlen beweisen, daß diese Art der Infektion immerhin möglich ist, wenn sie auch unter natürlichen Verhältnissen, wo es sich nie um eine derartige Brandsporenanreicherung im Boden handeln wird, wohl verschwindend gering sein dürfte.

Interessant sind diese Versuche aber noch insofern, als sie eine gewisse Bestätigung für den Einfluß der Ch auf die Brandsporenkeimung darstellen. Die mit alten Brandsporen erzielten Resultate sind verhältnismäßig viel schlechter als die Ergebnisse mit jungen Brandsporen. Dies könnte sich aus der gehemmten Brandsporenkeimung alter Sporen im Bereich geringer Wasserstoffionenkonzentration erklären lassen, wenn natürlich diese wenigen Zahlen auch noch nicht beweisend sind, und andere Faktoren, z. B. die Beschaffenheit des Bodens hinsichtlich der Zusammensetzung der Nährsalze, ebenfalls eine Rolle spielen können.

Hier sei noch eine weitere Beobachtung mitgeteilt. Die durch Bodeninfektion an sehr jungen Maispflanzen (die Gallen zeigten sich an 4—5 Wochen alten Pflanzen, die 4—5 Blätter hatten) entstandenen Gallen befanden sich durchweg am unteren Stengelgrund, also dicht über der Erde. Nun werden unter gewöhnlichen Bedingungen im Freiland sehr selten so junge Maispflanzen infiziert. Tritt aber doch Maisbeulenbrand vor der Blüte auf, so ist er fast in allen Fällen am unteren Stengelende zu beobachten. Ob es sich hier wirklich um eine Parallele zu den Gewächshausversuchen handelt, wir also diese Fälle als Bodeninfektion anzusprechen hätten, oder ob sich nur eine zufällige Ähnlichkeit im Befallsbild durch andere Dinge ergeben hat, ist mir auf Grund meiner geringen praktischen Erfahrung nicht möglich zu entscheiden. Immerhin kann die geringe Zahl der Bodeninfektionen vielleicht mit als Erklärung der auffälligen Tatsache dienen, daß junge Maispflanzen im Feldversuch meist resistent gegen Maisbeulenbrand sind, während sie sich im Gewächshaus stets künstlich infizieren lassen. (Tisdale und Johnson [1926], Griffiths [1928]).

Das schlechte Ergebnis der Bodeninfektionen konnte mehrere Ursachen haben. Da nicht bekannt ist, wie der Pilz die Pflanze befällt, d. h., ob er erst zur Sporidienbildung oder auch zur Myzelbildung schreitet, ehe er in die Wirtspflanze eindringt, wurde versucht, ob sich günstigere Resultate erzielen ließen, wenn die Erde anstatt mit Brandsporen mit Sporidien infiziert werden würde.

Die Versuche wurden ganz analog den Infektionsversuchen mit Brandsporen durchgeführt. Nur wurden zur Verseuchung des Bodens jetzt gemischte Sporidienkulturen, die also nicht nur ein Geschlecht enthielten, verwendet. Dieser Versuch wurde an 680 Pflanzen, darunter 180 Kontrollen ausgeführt. Das Ergebnis war völlig negativ. Nun könnte daraus der Schluß gezogen werden, daß die im Boden befindlichen Sporidien nicht imstande sind, die Wirtspflanze zu infizieren. Doch ist diese Folgerung meines Erachtens durch diese Versuche nicht hinreichend gesichert, es müßten zunächst noch andere Faktoren geprüft werden, die vielleicht das negative Resultat bedingt hatten.

Es war denkbar, daß die Bodeninfektionen zahlenmäßig deshalb so gering waren, weil Pilz und Pflanze im geeigneten Stadium überhaupt nicht miteinander in Berührung gekommen waren. Um diese Unsicherheit auszuschalten, wurde eine andere Versuchsmethodik eingeschlagen. Maiskörner wurden drei Tage lang im Thermostaten bei 26° C vorgekeimt, nach dieser Zeit hatten sie alle ungefähr 2—3 cm lange gut ausgebildete Wurzeln. Die Maiskeimlinge wurden nun in eine Brandsporenlösung gelegt (0,25 g Sporen/100 ccm Wasser) und eine halbe Stunde darin belassen. Nach dieser Zeit zeigte sich schon mit bloßem Auge ein dichter Brandsporenbesatz. Zur Kontrolle wurden aber einige Keimlinge noch mikroskopisch untersucht, in allen Fällen war eine reichliche Sporenmenge an den Wurzeln zu verzeichnen. Die Keimlinge wurden sofort pikiert und unter den gleichen oben beschriebenen Versuchsbedingungen herangezogen. Die Pflanzen entwickelten sich sehr gut, zeigten allerdings im „3-Blatt-Stadium“ (three leaf stage der Amerikaner) hie und da gewisse Flecken, wie sie auch Davis (1935) beschreibt, und wie sie oft der Gallbildung voraufzugehen pflegen. Eine Gallbildung trat jedoch an keiner der so behandelten 200 Pflanzen auf, obwohl ich sie viel länger als gewöhnlich im Gewächshaus zur Beobachtung ließ. Parallelversuche mit Sporidienlösungen waren ebenfalls ergebnislos.

Nach diesen Versuchen kommt der Bodeninfektion eine gewisse Sonderstellung zu. Es müssen scheinbar bestimmte Bedingungen (pH, gewisse Nährsalze, Mazé und Mazé [1932a]), die uns nur zum Teil bekannt sind, erfüllt sein, um eine Infektion des Pilzes vom Boden aus sicherzustellen. Auch werden hier wohl Fragen, die die Resistenz und Abwehrmöglichkeiten der Wirtspflanze (Mazé und Mazé [1932b]) betreffen, eine Rolle spielen, denn die nächsten Versuche zeigen, daß *Ustilago zaeae* wohl fast in allen Fällen in die Pflanze einzudringen vermag, daß dieser Befall aber nur in geringem Ausmaß zur vollen Entwicklung des Pilzes führt.

Für diese Untersuchungen wurde eine sehr einfache Methodik benutzt. Maispflanzen, die sich gut entwickelt hatten und 2—3 Blätter zeigten, wurden aus dem Erdreich entnommen und nach sorgfältiger

Entfernung aller anhaftenden Partikel in 100 ccm einer schwach sauren Nährlösung (pH 6,05), die 0,25 g Sporen enthielt, weiter kultiviert. Die einzelnen Pflanzen befanden sich bei diesen kurz dauernden Versuchen in Erlenmeyerkolben zu 100 ccm, die Nährlösung umspülte das ganze Wurzelsystem. Nach drei Tagen machten sich bei den Pflanzen, deren Nährlösung Sporen enthielt, in den Blättern die gleichen Flecken bemerkbar, wie ich sie auch bei den zuletzt beschriebenen Versuchen beobachtet hatte. Schnitte durch die Blätter ergaben gleichfalls nur eine Verfärbung der Chloroplasten, und zwar waren die Plastiden schmutzig gelbgrün, während die Kontrollen völlig normale Bilder aufwiesen. Schnitte durch die Wurzel zeigten, daß eine ganze Menge Brandsporen darin verstreut lagen, dasselbe galt für den Stengel. Doch waren nirgends Pilzhypen zu finden. Erst Schnitte durch den Vegetationspunkt ergaben das gesuchte Bild. Hier hatte sich der Pilz in reichem Maße entwickelt und durchzog mit seinen Hyphen das Wirtsgewebe.

Nach diesen Ergebnissen kann man dann mit Recht von einer gewissen Bedeutung der Bodeninfektion sprechen, wenn man darunter nur den Befall der Wirtspflanze durch den Pilz versteht, aber damit nichts weiter über das Auftreten von Gallen aussagt. Wenn Sporen in so reichem Maße wie bei künstlicher Bodeninfektion im Boden vorhanden sind, dringt der Pilz in fast allen Fällen in den Wirt ein. Das haben immer wieder Schnitte an Pflanzen bewiesen, die äußerlich völlig gesund erschienen, aber doch stets Brandsporen enthielten. Nicht immer fand sich Pilzmyzel wie in den zuletzt beschriebenen Versuchen. Danach erscheint es völlig unsicher, über die Faktoren, die die weitere Entwicklung von *Ustilago zae* in der Pflanze bedingen, nach diesen Versuchen etwas auszusagen. Auch ist so gut wie nichts bekannt, wie die Verhältnisse unter natürlichen Bedingungen liegen. Jedenfalls ist abschließend zu sagen, daß der Bodeninfektion sicherlich nur eine kleine, in ihrer Wirkung aber bis jetzt noch wenig bekannte Rolle zuzuschreiben ist.

2. Die Bedeutung anderer Infektionsmöglichkeiten.

Weit genauer als die Bodeninfektion sind andere Infektionsmöglichkeiten untersucht worden, hoffte man doch über den Umweg der künstlichen Infektion Aufschluß über die Beziehungen Wirt-Parasit zu erhalten. Nun ist bekannt, daß ebenfalls Brandsporen immer in der Luft vorhanden sind, daß hier also die weitere und größere Ansteckungsgefahr für die Maispflanze zu suchen ist. Allerdings ergaben Gewächshausversuche, in denen junge Pflanzen mit Brandsporen eingestäubt wurden, wenig günstige Resultate. So wird nach Griffiths (1928), Stakman und Christensen (1927), Walter (1934) auf diese Weise nur wenig Brand an den Pflanzen hervorgerufen: allerdings gibt Brefeld (1883) an, daß er mit

dieser Methode recht gute Erfolge erzielte. Auch bei diesen Versuchen ist nicht klar, was einmal zum Gelingen, das andere Mal zum Fehlschlag führt.

Nun ist seit einiger Zeit bekannt, daß weit mehr Brandbefall auftritt, wenn die Maispflanzen auf irgend eine Weise verletzt worden sind. Dies kann z. B. durch Unwetter (Mc. Millan [1918]) oder durch falsche Feldbehandlung (Kornfeld [1937]) geschehen. Auf dieser Tatsache beruht eine andere Infektionsmöglichkeit. Verwundet man nämlich die Pflanze durch Einstich in der Nähe des Vegetationspunktes und bringt mittels einer kleinen Injektionsspritze etwas sporidienhaltige Flüssigkeit in das Innere der Pflanze, so tritt schon nach relativ kurzer Zeit (8 bis 10 Tagen) an den noch recht jungen Pflanzen meist zahlreiche Gallbildung auf. Leider werden in den vielen amerikanischen Arbeiten, in denen diese Methode benutzt wurde, niemals Zahlen für den Brandbefall angegeben. Es heißt nur, daß mit der Injektionsmethode an Pflanzen im 3-Blattstadium die besten Erfolge erzielt wurden. Allerdings ist diese Infektionsart wohl auch als die „künstlichste“, d. h. den natürlichen Verhältnissen am wenigsten ähnliche Methode anzusehen.

Aber auch mit dieser Infektionsart ist nicht immer die Weiterentwicklung des Pilzes bis zur Brandbeule garantiert. So gibt Sleumer (1932) an, daß nur unter gewissen Bedingungen 100% Befall durch die Injektionsmethode erzielt werden kann. Nur wenn 3 Wochen alte Maispflanzen bei einer Temperatur von 25° C und maximal dampfgesättigter Luft infiziert wurden, war ein voller Erfolg zu verzeichnen. Schon eine Erniedrigung der Temperatur auf 12—14° C hatte an vielen Pflanzen das Ausbleiben der Gallen zur Folge. Auch war das Resultat der Infektion weitgehend vom Alter der Pflanzen abhängig. Schon 4 Wochen alte Pflanzen waren nur noch sehr schwierig zu infizieren, d. h. es bildeten sich an ihnen kaum noch Gallen. Da Sleumer für seine Versuche nur gelben Badischen Landmais verwandte, ist es außerdem gut möglich, daß andere Sorten nicht auf die gleiche Weise auf die eben besprochenen Einflüsse reagieren. Dafür geben meine Versuchsergebnisse an Pommernmais doch wohl einen Hinweis, obwohl sie unter anderen Bedingungen gewonnen wurden.

Für meine Versuche standen mir leider keine Räumlichkeiten zur Verfügung, in denen sich die geschilderten optimalen Verhältnisse hätten herstellen lassen. Da ich während des Sommers arbeitete, waren große Temperaturschwankungen bis zu 20° C innerhalb eines Tages in Zeiten heftiger Sonnenbestrahlung unvermeidlich. Trotzdem ließ ich nicht schattieren, da die hohen Temperaturen im Zusammenhang mit großer relativer Feuchtigkeit ein außerordentlich gutes Wachstum der Pflanzen bedingten. Allerdings war damit zu rechnen, daß die Inkonzanz der Temperatur wie auch die Schwankungen im Feuchtigkeitsgehalt der Luft natürlich einen Faktor darstellen konnten, der die Pilzentwicklung be-

günstigen oder hemmen konnte. Tabelle 11 gibt uns über den Erfolg der Injektionsmethode Aufschluß (zur Methodik vergl. Sleumer [1932]).

Tabelle 11.

Maisbeulenbrandbefall an jungen Pflanzen, die durch Einstich infiziert sind.

(Alter der Pflanzen: 3 Wochen; Inkubationszeit: 12 Tage.)

	Zahl der infizierten Pflanzen	Zahl der Kontrollen	Zahl der befallenen Pflanzen	Zahl der Pflanzen mit Gallbildung %
a.	180	100	140	33,7
b.	105	50	96	66,6
c.	177	95	165	88,7

Diese Versuche, die nur in verschiedenen Zeitabständen ausgeführt wurden, ergaben also unter sonst gleichen äußeren Bedingungen ein ganz verschiedenes Resultat. Demnach kann die hohe Temperatur (25—40° C) nicht allein den schlechten Ausfall der Ergebnisse bedingt haben. Dafür sprechen auch die Versuche mit dem Pilz, der sich unter den geschilderten Bedingungen gut entwickelte, wenn gewisse andere Voraussetzungen (z. B. günstiges pH) erfüllt waren. Auch war in einem weiteren Versuch, der bei gemäßigteren Temperaturen (19—25° C) durchgeführt wurde, ebenfalls nur eine Gallbildung von 67 % zu verzeichnen. Als Höchstbefallsziffer erzielte ich in meinen Versuchen nur 88,7 %, eine Zahl, die also die von Sleumer angegebenen Werte nicht erreicht. Bei der Beobachtung der Befallserscheinungen, die fast immer 80—90 % aller Pflanzen aufwiesen (Chlorophylldefekte, Anthozyanbildung, Fleckigkeit), fiel es mir auf, daß diese Anzeichen des in der Pflanze schmarotzenden Pilzes sich nach einiger Zeit wieder verloren oder sich zum mindesten nicht weiter ausbreiteten. In allen diesen Fällen kam es nie zu Gallbildungen. Wenn sich Gallen an den Pflanzen zeigten, so waren die Störungen bei der Mehrzahl der Pflanzen nie so heftig, als daß sie zu völliger Vernichtung der Pflanzen geführt hätten. Allerdings wurde auch in wenigen Fällen vollkommenes Absterben der infizierten Pflanzen beobachtet. Nach alledem scheint also der Pommernmais eine wenig geeignete Sorte für die Infektionsmethode darzustellen, allerdings fehlt der Vergleich mit einem anderen Körnermais, doch sollen diese Versuche im Rahmen einer anderen Fragestellung durchgeführt werden.

Untersuchungen der Maispflanzen in bezug auf Alter und Gallbildung ergaben für Pommernmais die gleichen Resultate wie für Gelben Badischen Landmais (Sleumer). So zeigten vier Wochen alte Pflanzen kaum noch Gallbildung. Inwieweit an Maiskeimlingen Gallbildungen erzeugt werden können, soll im nächsten Abschnitt besprochen werden.

Zusammenfassend ist also zu sagen, daß auch für die Injektionsmethode noch manche Faktoren zu klären sind, ehe wir mit Sicherheit das Ergebnis dieser künstlichen Infektion voraussagen können.

Da die Infektionsversuche im Gewächshaus doch bestimmte Aufschlüsse über das Wachstum des Pilzes in der Pflanze vermittelten, wurde geprüft, ob eine andere Infektionsmethode weitere Kenntnis der Befalls- und Entwicklungsmöglichkeiten des Pilzes bringen würde. So wurde eine von Davis (1935) als brauchbar beschriebene Methode auf ihre Verwendbarkeit hin untersucht.

Davis gibt an, daß das Eintropfen von Sporensuspensionen in die Blattspirale junger Maispflanzen gute Erfolge hat, wenn die Suspensionen eine geringe Oberflächenspannung besitzen. Um die Oberflächenspannung zu erniedrigen, verwandte Davis ein Lebertran-Seifengemisch (fish-oil-soap) in verschiedenen Konzentrationen. Er fand, daß sich stärkste Gallbildung und Befall bei einem Zusatz von 1 % (Oberflächenspannung 34 dyne) einstellten. Dann war eine Ziffer von 69,2 % für Gallbildung und 93,2 % befallener Pflanzen zu verzeichnen. Walter (1935) erzielte mit diesen Sporensuspensionen keinerlei Erfolge. Da die genaue Zusammensetzung der Suspensionen nicht aus der Arbeit von Davis hervorging, verwandte ich für meine Versuche 1 % Maltyllösungen, denen ich wechselnde Konzentrationen von Lebertran (10, 5 und 1 %) zusetzte. Die Versuche wurden sowohl mit Sporen wie Sporidien ausgeführt. Das Ergebnis zeigt Tabelle 12.

Tabelle 12.

Beulenbrandbefall an jungen Maispflanzen, die mit Sporen- und Sporidiensuspensionen (Eintropfmethode) geimpft sind.

(Alter der Pflanzen: 3 Wochen; Inkubationszeit: 14—20 Tage; Sporenmenge: 0,5 g/100 ccm.)

	Lebertran-Konzentration %	Zahl der infizierten Pflanzen		Zahl der befallenen Pflanzen		Zahl der Pflanzen mit Gallbildung %
		Versuch	Kontrolle	Versuch	Kontrolle	
Sporensuspension	10	129	50	127	0	13,95
	5	55	25	48	0	0
	1	210	100	118	0	5
Sporidiensuspension	5	166	83	149	x	30,7
	1	118	65	90	x	12,9
	0	195	71	98	x	19,5

x = Gelbstreifigkeit.

Wie aus der Tabelle hervorgeht, brachten sämtliche Versuche keinen befriedigenden Erfolg. Eine Befallsziffer von 70 %, wie sie Davis als Höchstzahl angibt, wurde nie erreicht. Auch zeigen die Resultate, daß die Anzahl der Gallen nicht immer mit der Erniedrigung der Oberflächenspannung zu steigen braucht. Wir sehen sogar, daß mit Sporidiensuspensionen ohne Lebertranzusatz ein etwas höherer Prozentsatz an Gallen erzielt werden kann als mit 1 % Lebertransuspensionen. Im großen und ganzen ist diese Methode, die allerdings gegen die Injektionsmethode den

Vorteil größerer Einfachheit und Schnelligkeit bietet, aber schon aus einem bestimmten Grunde abzulehnen. Denn schon nach wenigen Tagen machte sich an allen Pflanzen eine starke Schädigung der Plastiden bemerkbar. Die Pflanzen zeigten panaschüreartige helle Streifen und hatten nach Verlauf einer Woche durchweg ein krankes, ungesundes Aussehen. Bei Schnitten durch die Blätter war eine starke Aufhellung der Plastiden bis zu einem fahlen Gelb hin zu beobachten. Unzweifelhaft beruhte diese Erscheinung auf der schädigenden Wirkung des Lebertrans, die sich stets in der geschilderten Weise bemerkbar machte, ganz gleich, in welcher Konzentration der Lebertran der Suspension zugefügt wurde. Da nach den Untersuchungen von Strugger (1937 a) das Chlorophyll in einer lipoiden Phase gelöst ist, so könnte man sich die Einwirkung des Lebertrans auf die Plastiden vielleicht aus einer übermäßigen Zufuhr eines zellfremden Lipoids und daraus resultierenden Störungen im Gesamt- ablauf der Zellfunktionen erklären.

Doch interessanter ist die Frage, warum mittels dieser Methode so relativ wenig Gallbildungen erzielt werden. Man könnte doch erwarten, daß die Pflanze durch den Lebertran so geschwächt wäre, daß sie nicht mehr Herr über den Pilz werden könnte. Prüfen wir zunächst wieder an Blattschnitten, ob der Pilz überhaupt in die Pflanze eingedrungen ist, so sehen wir im Innern der Pflanze massenweise Brandsporen angehäuft, die wohl durch den Lebertran überall mit hineingerissen sind. Es bietet sich jedoch immer das gleiche Bild, ob wir nun 2 oder 20 Tage nach der Infektion schneiden. Nur in den allerwenigsten Fällen wurde Pilzmyzel gefunden, und dann waren die Vegetationspunkte wie die angrenzenden Zonen die Orte der bevorzugten Pilzentwicklung. In den Blättern wurde nie Pilzmyzel beobachtet. Diese Befunde stehen scheinbar im Widerspruch zu den Mitteilungen von Sleumer (1932) und Davis (1935), die beide von Pilzmyzel in den jungen Blättern der Maispflanze berichten. Doch läßt sich dieser Gegensatz wohl daraus erklären, daß die genannten Autoren mit Sporidienkulturen arbeiteten, während die eben angeführten Tatsachen nur für Versuche mit Brandsporen gelten. Nach Walter (1934) können sich zwar Brandsporen in jungen Blättern zu Pilzmyzel entwickeln, doch kann ich diese Beobachtungen für Pommernmais nicht bestätigen. Nach meinen Ergebnissen halte ich es sogar für wahrscheinlich, daß die Infektionen, die zur Gallbildung führten, nicht durch die im Innern der Pflanze liegenden Brandsporen hervorgerufen sind, sondern von Sporidien herrühren, die sich außerhalb der Pflanze in der reichlich vorhandenen Suspensionsflüssigkeit entwickelt haben.

Nur ganz kurz sei anschließend noch ein Versuch mit der Eintropfmethode besprochen, der uns zeigen soll, daß unter Zuhilfenahme starker Eingriffe schon in ganz frühen Entwicklungsstadien der Maispflanzen Beulenbrand erzielt werden kann. Diese Tatsache ist insofern von gewisser

Bedeutung, als sie uns einen Hinweis gibt, in welchem Alter der Maispflanzen schon mit einer Infektion durch *Ustilago zae* gerechnet werden kann. Für diesen Versuch wurde der Sporensuspension 5% Lebertran zugesetzt, da diese Konzentration am geeignetsten erschien. Sobald die Maiskeimlinge eben aufgelaufen waren, wurden die Spitzen abgeschnitten und die Pflänzchen mit der beschriebenen Suspension mittels eines Pinsels bestrichen. Der Erfolg dieser Methode ist aus Tabelle 13 zu ersehen.

Tabelle 13.
Brandbefall an Maiskeimlingen.

Zahl der infizierten Pflanzen		Zahl der befallenen Pflanzen		Zahl der Pflanzen mit Gallbildung %
Versuch	Kontrolle	Versuch	Kontrolle	
124	45	110	0	25

Es war von vornherein anzunehmen, daß dieser Versuch ein schlechtes Ergebnis haben würde. Doch beweisen die Zahlen, daß er, verglichen mit den an drei Wochen alten Pflanzen erzielten Resultaten, relativ weit besser ausgefallen war. Allerdings läßt sich nicht ohne weiteres eine Parallele ziehen, da mit Recht der Einwand gemacht werden könnte, daß die Pflanzen so schwer verletzt sind, daß sie keine Kräfte mehr zur Abwehr des Pilzes besitzen. Zum mindesten ist aber hier ein Hinweis dafür gegeben, daß es gelingen müßte, für viel jüngere Entwicklungsstadien der Maispflanze eine geeignete Infektionsmethode und günstige Infektionsergebnisse zu schaffen.

3. Das Wachstum des Pilzes in der Pflanze.

Wenn bis jetzt etwas über das Pilzwachstum gesagt wurde, so ist fast immer darauf hingewiesen worden, daß das Wachstum von *Ustilago zae* recht häufig in der Wirtspflanze gehemmt wird, und es aus bislang nicht bekannten Ursachen trotz Befalls der Wirtspflanze nicht zur Gallbildung kommt. Es soll deshalb im Zusammenhang besprochen werden, was wir über das Pilzwachstum innerhalb des Wirtes wissen. Außerdem seien hier noch Versuche mitgeteilt, die zwar keine endgültige Klärung, jedoch neue Gesichtspunkte für diese Fragen bringen könnten.

Es wurde schon erwähnt, daß der Pilz wahrscheinlich in Form von Sporidien oder evtl. auch als Myzel die Pflanze befällt (Sleumer, Walter, Davis, Kotte u. a.). Nun ist seit Brefelds Untersuchungen bekannt, daß die Infektion durch *Ustilago zae* im Gegensatz zu anderen Pilzen nur lokal beschränkt ist (Potter und Melchers [1925], Walter [1935]). Doch hat diese Ansicht immer wieder Zweifel erregt, denn es ist oft nicht einzusehen, daß die verschiedenen, oft recht benachbarten Brandbeulen einer Pflanze durch wiederholte Infektion zustande

gekommen sein sollten. Da aber die Maispflanze schon in sehr jungem Stadium vom Pilz infiziert wird, ohne daß die Infektion vorläufig nach außen sichtbar wird (Davis), nimmt Walter an, daß alle an der Pflanze auftretenden Brandbeulen, und seien sie räumlich auch sehr weit getrennt, aus derselben Infektion herrühren. Dringt z. B. der Pilz in den Vegetationspunkt ein, so bleibt er während seiner Entwicklung nicht an der gleichen Stelle, sondern wird durch das Streckungswachstum der Pflanze an ganz andere Orte bis zum Abschluß seiner Entwicklung gelangen.

Gegen die Theorie Walter's ließe sich einwenden, daß wohl in den seltensten Fällen mit dem gleichzeitigen Auftreten räumlich getrennter Brandbeulen zu rechnen ist. Allerdings ist dieser Einspruch solange nicht beweiskräftig, ehe nicht einwandfrei das Vorhandensein von Pilzmyzel innerhalb der ganzen Wirtspflanze beobachtet ist. Schon Potter und Melchers kommen auf Grund ihrer Untersuchungen zu dem Schluß, daß die Art, wie die Maisbrandbeulen auftreten, für eine Versenckung der ganzen Pflanze mit Pilzmyzel spricht (systemic infection), daß trotzdem aber die Infektion immer nur lokal begrenzt auftritt. Für diese rein örtliche Infektion ist auch die Tatsache anzuführen, daß die Pflanze nur krankhafte Symptome, die Gallen, in der Umgebung des Pilzes zeigt, sonst aber einen völlig gesunden Eindruck macht.

Ich versuchte nun diese Frage an Schnitten an Pflanzen zu klären, die Gallen an verschiedenen Teilen, z. B. am unteren Stengel wie an den Blättern aufwiesen. Wenn die beiden Gallen wirklich auf einmalige Infektion (aber nicht im Sinne Walters) zurückzuführen wären, wäre zu erwarten, daß auch die dazwischen liegenden gesunden Pflanzenteile mit Pilzmyzel durchwachsen sind. Nach meinen Untersuchungen an Gewächshauspflanzen wie an Freilandinfektionen war dies aber niemals der Fall.

Es wurde also wieder bestätigt, daß sich die Infektion von *Ustilago zeae* rein lokal auswirkt. Ob allerdings für die Art der Infektion nur die Waltersche Auffassung gilt, oder ob wir auch mit mehrfacher Ansteckung durch den Pilz zu rechnen haben, ist bislang nicht genau untersucht.

Von großer Wichtigkeit für das Pilzwachstum in der Maispflanze ist die Tatsache, daß *Ustilago zeae* für seine Entwicklung junges, noch wachstumsfähiges Gewebe braucht (Potter und Melchers [1925], Griffiths [1928], Walter [1935] u. a.). Dieser Erfahrung liegt die Art der Injektionsmethode zu Grunde, wird doch die sporidienhaltige Flüssigkeit möglichst in der Nähe des Vegetationspunktes in die Pflanze eingespritzt. Auf diese Ursache werden auch manche Mißerfolge künstlicher Infektionen zurückgeführt (Alter der Pflanzen; Sleumer). Auch will man die Beobachtung, daß sich Brandbefall recht häufig in den Achseln der Maispflanze zeigt, dahin erklären, daß das noch wachstumsfähige Zellgewebe zusammen mit der in den Achseln stets befindlichen Feuchtigkeit

die Entwicklung des Pilzes begünstigt. Daher wäre es von großer Bedeutung, die Faktoren zu ermitteln, die in noch jungem Gewebe fördernd auf das Pilzwachstum wirken.

Da die Sporidienentwicklung eine bestimmte Abhängigkeit von der Wasserstoffionenkonzentration zeigt, so war anzunehmen, daß dieser Faktor auch für das Wachstum des Pilzmyzels innerhalb der Pflanzen wichtig sein kann. Nun teilt Strugger (1937 b) mit, daß durch die Vitalfärbungsmethode gewebsanalytische Unterschiede erfaßt werden können. Bestimmt man, bei welcher Wasserstoffionenkonzentration der Umschlag von Vakuolenfärbung zu Membranfärbung eintritt, wenn die Zellen zuvor in schwach alkalischen Lösungen angefärbt waren und dann in schwach saure Lösungen übertragen wurden, so ergibt sich, daß für Zellen der Dauerzone von *Triticum* wurzeln dieser Umschlagspunkt bei pH 6,84, für Zellen der Streckungszone bei pH 4,0 und für meristematische Zellen erst bei pH 3,4 liegt. Die verschiedene H-Ionenkonzentration einzelner Gewebeteile kann aber eine bedeutsame Rolle spielen. So weisen Fife und Frampton (1936) nach, daß Aziditätsgradienten zwischen Phloem und Parenchym der Zuckerrübe einen bestimmten Einfluß auf die Übertragung und Ausbreitung der Kräuselkrankheit durch *Eutettix tenellus* besitzen. Es schien daher nicht aussichtslos, mittels der von Strugger (1937 b) angegebenen Methode die H-Ionenkonzentration von meristematischen Zellen und Dauerezellen bei Maispflanzen zu untersuchen.

Als Versuchsobjekt dienten sorgfältig herauspräparierte Vegetationspunkte junger Maispflanzen verschiedenen Alters, die mit Neutralrot angefärbt und dann in Lösungen von abgestufter Ch übertragen wurden. Da genauere Untersuchungen in einer weiteren Arbeit folgen sollen, so seien hier nur die vorläufigen Ergebnisse mitgeteilt.

In Übereinstimmung mit den Befunden Struggers konnte ich den Umschlagspunkt von der Vakuolenfärbung zur beginnenden Wandfärbung für meristematische Zellen in einem pH-Bereich von 3,2 bis 3,8 feststellen. Für Zellen der Dauerzone lag er zwischen pH 6,09 und 7,5.

Hieraus folgt, daß wir für meristematische Zellen und sicher auch noch für wachstumsfähige Zellen mit recht hoher Azidität zu rechnen haben. Dagegen sinkt die H-Ionenkonzentration mit zunehmendem Alter beträchtlich. Wie die Kulturversuche mit *Ustilago zeae* gezeigt haben, verträgt der Pilz aber recht hohe Wasserstoffionenkonzentrationen, manche Lebensfunktionen sind sogar in stark saurem pH-Bereich am besten (Brandsporenkeimung). Nun soll zwar nicht behauptet werden, daß die Lebensbedingungen, wie sie in Kulturlösungen für den Pilz gegeben sind, ohne weiteres mit den Verhältnissen, wie sie in der Wirtspflanze liegen, verglichen werden können. Jedoch scheint nach den bisherigen Ergebnissen in der Reihe der zahlreichen Faktoren, die das Pilzwachstum in der Pflanze bestimmen, auch die H-Ionenkonzentration eine gewisse Rolle zu spielen.

V. Zusammenfassung der Ergebnisse.

Die Brandsporenkeimung von *Ustilago zae* wird bei verschiedener Wasserstoffionenkonzentration vergleichend untersucht. Ein Maximum der Brandsporenkeimung liegt bei pH 4,4, mit zunehmender Azidität sinkt die Keimziffer, um bei pH $< 2,5$ null zu werden. Im Bereich schwach saurer und schwach alkalischer Reaktion werden Brandsporen höheren Alters in ihrer Keimkraft geschädigt, bzw. bei pH $> 8,55$ am Auskeimen gehindert. Da eben entwickelte Brandsporen in diesem pH-Bereich ihre volle Keimfähigkeit behalten, so wird hierin die Erklärung für die stark absinkende Keimzahl einjähriger Brandsporen gesehen.

Sporidienbildung und Pilzwachstum zeigen eine ähnliche pH-Abhängigkeit wie die Brandsporenkeimung. Der Pilz verträgt in dieser Entwicklungsphase ebenfalls hohe H-Ionenkonzentrationen, doch liegt die Grenze für die Sporidienentwicklung bei etwas geringerer Azidität (pH $< 2,8$).

Durch Zusatz geringer Konzentrationen von As, Cu und Hg zum Kulturmedium kann sowohl die Brandsporenkeimung wie die Sporidienbildung völlig verhindert werden. Für die Wirksamkeit der geprüften Metalle gilt die Reihe: As $>$ Cu $>$ Hg.

Der Einfluß großer Temperaturschwankungen wirkt sich nur hemmend bei hoher Wasserstoffionenkonzentration auf die Sporidienbildung aus (pH $< 5,02$). Demnach scheint die Temperatur einen Faktor darzustellen, der sich nur im Zusammenhang mit Größen anderer Art hemmend oder fördernd auf das Pilzwachstum bemerkbar macht. Hierin dürften auch die verschiedenen Meinungen über den Einfluß der Temperatur begründet sein. Die geringen Temperaturschwankungen unserer geographischen Breiten spielen für die Sporidienentwicklung keine Rolle.

Die Übereinstimmung zwischen dem pH-Bereich geringsten Wachstums und dem Umschlagsgebiet der Speicherung saurer und basischer Farbstoffe legen die Vermutung nahe, daß der IEP des Zellinnern der Sporidien zwischen pH 2,5 und 3,3 liegt. Beziehungen zwischen IEP und Infektionsfähigkeit der Sporidien sind denkbar, aber noch nicht genau untersucht.

Der Bodeninfektion kommt eine gewisse Bedeutung zu. Die Maispflanze wird wohl oft von den im Boden befindlichen Sporen bzw. Sporidien des Pilzes infiziert, doch tritt sehr selten Gallbildung auf. Die Faktoren, die störend in die Entwicklung des Pilzes eingreifen, sind bislang nicht bekannt.

Im Hinblick auf das Pilzwachstum in der Pflanze werden zwei Infektionsarten auf ihre Brauchbarkeit hin untersucht. Weder die Injektionsmethode noch die Eintropfmethode unter Zusatz von Oberflächenspannung erniedrigenden Mitteln erzielen in allen Fällen gute Resultate, da zu viele Faktoren die Pilzentwicklung in der Pflanze negativ beeinflussen können. (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Alter der Pflanze usw.).

An Maiskeimlingen läßt sich, allerdings durch starken Eingriff, Beulenbrand hervorrufen. Es müßte deshalb prinzipiell möglich sein, eine Infektionsmethode für frühere Entwicklungsstadien der Maispflanze zu schaffen.

Das Pilzwachstum in der Wirtspflanze wird im Zusammenhang besprochen. Die Frage der Lokalinfektion wird nur an Handschnitten geprüft und auf Grund der Befunde bestätigt. Die Abhängigkeit der Pilzentwicklung von meristematischem oder noch wachstumsfähigem Wirtsgewebe wird in der physiologischen Differenziertheit meristematischer Zellen und von Dauerzellen erblickt und der Wasserstoffionenkonzentration auch für das Pilzwachstum in der Pflanze eine gewisse Bedeutung zuerkannt.

Schriftenverzeichnis.

- Bauch, R. Die Sexualität von *Ustilago scorzoneræ* und *Ustilago zeæ*. Phytopathologische Zeitschrift, **5**, 315, 1933.
- Becker, Z. E. A comparison between the action of carbonic acid and other acids upon the living cell. Protoplasma, **25**, 161, 1936.
- Borzini, G. Il "carbone" del granoturco nell'annata 1934 nella regione dell'agro Romano. (*Ustilago zeæ*). Boll. Staz. Patol. Veget. Firenze, **15**, NS 96, 1935.
- Borzini, G. Ricerche sul "Carbone del granoturco" (*Ustilago zeæ* [Beck.] Unger). Boll. Staz. Patol. Veget. Firenze, **15**, 389, 1935.
- Brefeld, O. Botanische Untersuchungen über Hefepilze. Untersuchungen aus dem Gesamtgebiet der Mykologie. 5. H. Die Brandpilze. Leipzig 1883.
- Brefeld, O. Untersuchungen aus dem Gesamtgebiet der Mykologie. 11. H. Die Brandpilze, 2. Münster i. W., 1895.
- Bünning, E. Über die Farbstoff- und Nitrataufnahme bei *Aspergillus niger*. Flora, **132**, 87 (1936).
- Christensen, J. Studies on the genetics of *Ustilago Zeæ*. Phytopathologische Zeitschrift, **4**, 129, 1932.
- Davis, G. N. Some new aspects of maize smut. (*Ustilago zeæ*). Iowa. St. Coll. J. Sci., **9**, 505, 1935.
- Drawert, H. Das Verhalten der einzelnen Bestandteile fixierter pflanzlicher Gewebe gegen saure und basische Farbstoffe bei verschiedener Wasserstoffionenkonzentration. Flora, **132**, 91, 1937 a.
- Drawert, H. Der Einfluß anorganischer Salze auf die Aufnahme und Abgabe von Farbstoffen durch die pflanzliche Zelle. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., **55**, 380, 1937 b.
- Eddins, A. H. Pathogenicity and cultural Behavior of *Ustilago zeæ* (Beck). Unger from different localities. Phytopathology, **19**, 885, 1929.
- Fife, J. M. and Frampton, V. L. The pH Gradient extending from the phloem into the parenchyma of the sugar beet and its relation to the feeding behavior of *Eutettix tenellus*. J. Agr. Res., **53**, 581, 1936.
- Gaßner, G. Ein einfacher Nachweis der stimulierenden Wirkung von Giften auf die Keimung und Entwicklung von Brandsporen. Zellstimulat. Forsch., **1**, 467, 1925.
- Griffiths, M. A. Smut susceptibility of natural resistant corn when artificially inoculated. J. Agr. Res., **36**, 77, 1928.
- Gutstein, M. Über die Gramspezifität der Desinfektionsvorgänge. Arch. Mikrobiol., **4**, 248, 1933.
- Hanna, W. F. Studies in the physiology and cytology of *Ustilago Zeæ* and *Sorosporium reilianum*. Phytopathology, **19**, 415, 1929.

- Hüttig, W. Über den Einfluß der Temperatur auf die Keimung und Geschlechterbildung bei Brandpilzen. Zeitschrift für Botanik, **24**, 529, 1931.
- Immer, F. R. and Christensen, J. J. Influence of environmental factors on the seasonal prevalence of corn smut. Phytopathology, **18**, 589, 1928.
- Itzerott, D. Über die Bedingungen der Stickstoffaufnahme, vor allem der Nitrataufnahme, bei *Aspergillus niger*. Flora, **131**, 60, 1936.
- Jones, D. F. Influence of temperature on the spore germination of *Ustilago Zeae*. J. Agr. Res., **24**, 593, 1923.
- Kobs, E. and Robbins, W. J. Hydrogen-ion concentration and the toxicity of basic and acid dyes to fungi. Am. J. Bot., **23**, 133, 1936.
- Kotte, W. Pflanzenschutz im deutschen Maisbau. Nachr. Schädlingsbekämpfung **11**, 28, 1936.
- Kornfeld, A. Bekämpfung des Maisbeulenbrandes auf biologischer Grundlage. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, **47**, 277, 1937.
- Lesczenko, P. On the influence of the reaction of the medium on the germination of the spores of *Verticillium albo-atrum* R et B and *Ustilago maydis* Tul. Mém. Inst. Nat. Polonais d'Econ. Rur. à Putavy vii part A 402, 1926. Zit. nach Review of Appl. Mycology **6**, 307, 1927.
- Mazé, P. et Mazé, P. J. Sur l'infection du Mais par le charbon. C. r. Soc. Biol., **109**, 825, 1932.
- Mazé, P. et Mazé, P. J. L'inégale résistance des variétés de *Zea Mais* à l'infection du charbon (*Ustilago maydis*). C. r. Soc. Biol., **109**, 1087, 1932 b.
- Mac Millan, H. G. An epidemic of corn smut following hail. Phytopathology **8**, 584, 1918.
- Michaelis, L. Die Wasserstoffionenkonzentration. Berlin 1922.
- Piemeisel, J. Factors affecting the parasitism of *Ustilago zeae* (Beck.) Ung. Phytopathology **7**, 249, 1917.
- Platz, G. A., Durrell, L. W. and Howe, M. F. Effect of carbon dioxide upon the germination of chlamydospores of *Ustilago zeae* (Beck.) Ung. J. Agr. Res., **34**, 137, 1927.
- Potter, A. and Melchers, L. E. Study of the life history and ecologic relation of the smut of maize. J. Agr. Res., **30**, 167, 1925.
- Rippel, K. Untersuchungen über die Abhängigkeit der Stickstoffassimilation von der Wasserstoffionenkonzentration bei einigen Pilzen. Arch. Mikrobiol., **2**, 72, 1931.
- Robbins, W. J. An isoelectric point for plant tissue and its significance. Amer. J. Bot., **10**, 412, 1923.
- Robbins, W. J. Isoelectric points for the mycelium of fungi. J. gen. Physiol., **6**, 259, 1924.
- Robbins, W. J. and Scott, I. T. Further studies on isoelectric points for plant tissue. J. Agr. Res., **31**, 385, 1925.
- Sakamura, T. und Kanamori, H. Über die Wirkung der Essigsäure, des Ammoniaks und ihrer Salze auf das Protoplasma des Wurzelhaares. J. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ. **IV**, series **V**, 2, 1935.
- Scott, I. T. The influence of hydrogen ion concentration on the growth of *Fusarium Lycopersici* and on Tomato Wilt. Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull., **64**, 32, 1924.
- Sleumer, H. O. Über Sexualität und Zytologie von *Ustilago zeae* (Beckm.) Ung. Zeitschrift für Botanik, **25**, 209, 1932.
- Sorauer, P. Handbuch der Pflanzenkrankheiten. 3. Die pflanzlichen Parasiten. Berlin 1932.
- Stakman, E. C. and Christensen, J. J. Heterothallism in *Ustilago zeae*. Phytopathology, **17**, 827, 1927.

- Strugger, S. Beiträge zur Gewebephysiologie der Wurzel. Zur Analyse und Methodik der Vitalfärbung pflanzlicher Zellen mit Neutralrot. Protoplasma, **24**, 108, 1935.
- Strugger, S. Weitere Untersuchungen über die Vitalfärbung der Plastiden mit Rhodaminen. Flora **131**, 324, 1937a.
- Strugger, S. Die Vitalfärbung als gewebsanalytische Untersuchungsmethode. Arch. exper. Zellf., **19**, 199, 1937b.
- Tisdale, W. H. and Johnson, C. A study of smut resistance in corn grown in the green house. J. Agr. Res., **32**, 649, 1926.
- Walter, J. M. The mode of entrance of *Ustilago zae* into corn. Phytopathology, **24**, 1012, 1934.
- Walter, J. M. Factors affecting the development of corn smut, *Ustilago zae* (Beckm.) Ung. Univ. of Minnesota Agr. Exp. Sta. Bull. **111**, 1935.
- Webb, R. W. Studies in the physiology of the fungi. 15. Germination of the spores of certain fungi in relation to hydrogen-ionconcentration. Ann. Mo. Gard., **VIII** 3, 283, 1922.
- Yamaha, G. und Ishii, T. Über die Wasserstoffionenkonzentration und die isoelektrische Reaktion der pflanzlichen Protoplasten, insbesondere des Zellkerns und der Plastiden. Protoplasma, **19**, 194, 1933.
- Yamaha, G. und Ishii, T. Beiträge zur Kenntnis über den isoelektrischen Punkt pflanzlicher Protoplasten. Sc. Rep. Tokyo Bunrika Daigaku, Sect. B, **2**, 209, 1936.
-

From the Phytopathological Laboratory
"Willie Commelin Scholten" Baarn.

Directrice: Prof. Dr. Joh. Westerdijk.

Compilation of the investigations on the susceptibility
of different elms to *Ceratostomella ulmi* Buisman
in the Netherlands.

By

Johanna C. Went.

With 2 photographs.

Introduction.

This article has been composed with the purpose of summarizing the results of the testing of elmtrees in the Netherlands, as to their susceptibility to *Ceratostomella ulmi*. These results have regularly been published by the "Comité inzake Bestudeering en Bestrijding van de Iepen ziekte" in the Netherlands language. As such they are not easily understood by most of the investigators. Many of these have asked us for a compendium in English.

The purpose of the investigations in the Netherlands was to find an elmtree not susceptible to the elm disease¹⁾, which could replace the common Dutch elm (Westerdijk, Ledeboer and Went, 1931; Buisman, 1932, 1933a, 1934, 1935a and 1936; Went, 1937, 1938). The Dutch elm is slowly disappearing from the landscape in the Netherlands. Still a visitor would not get the right impression of the violence of the attack as in the larger part of the country the dead and heavily diseased trees have been removed. In the surrounding countries this removal of trees is not so much encouraged or ordered by decree and so the disease will seem to be of more importance there.

The investigations on the susceptibility of different elms which are discussed in the first part of this publication were started by Dr. Buisman and except for the year she spent in the United States, continued by her till her death, March 1936. Since then the writer has been appointed to continue this work. This survey comprises the work up to the end of 1937.

When it was proved that in Holland the elm disease is transported by *Scolytus scolytus* and *Scolytus multistriatus*, Dr. Buisman inoculated

¹⁾ The elm disease should not be called "Dutch" elm disease as it has never been proved that the disease started in the Netherlands. It might have started in the North of France.

together with Jr. Fransen (Fransen and Buisman, 1935, Buisman, 1936b) elmtrees by using elmbark beetles as vectors.

Besides this work she investigated the transport and growth of the fungus in the wood and the anatomy of the diseased wood. The results of these investigations can be found in the last chapter of this publication. In this chapter the work of Dr. Broekhuizen, 1929, on the formation of tylosis and gum after inoculation with the fungus and after injection with different chemicals is discussed too.

A historical review of the investigations on the elm disease can be found in a publication by Clinton and McCormick, 1936.

Method.

After having tried different methods of inoculation, a syringe was found to be the most effective instrument for inoculation.

With this syringe a spore suspension of the fungus is introduced into the stem or branches of the elmtree or seedling which is to be infected. As only the outer layer of woodvessels must be reached the needle need not be driven deeply into the stem. It is only necessary to inject all around the stem or branches to reach as many vessels as possible.

The best time for the obtaining of infection is from the second part of May until the beginning of August (Buisman, 1934, p. 81). Inoculations made before or after this time will be much less effective.

The different strains of *Ceratostomella ulmi* generally show the same virulence. In a very few cases only less virulent strains were found.

Material.

From 1929 onwards different elm species and varieties have been tested on their susceptibility to *Ceratostomella ulmi*.

Susceptible varieties will show the disease in about 10 days, when the weather is favourable (warm and dry). In wet and cold weather infections will be much less strong and less susceptible varieties may even not show the disease at all.

It is very difficult to give a gradation for the effect of the infection (Buisman, 1933, p. 2). Some varieties will wilt and die off immediately, others will show different grades of wilting and will sometimes overgrow this wilted place: or only a growth stagnation or a few brown leaves will appear. In the latter case it is very difficult to make sure whether the brown leaves are the result of the inoculation or of some external circumstances.

When elmtrees are transplanted they will show a very low susceptibility during the first year after their transplanting. The same may be said of grafts during the first year. Pruned trees with heavy shoots will be more susceptible than trees with many small branchlets.

These latter results are all due to the fact that strongly growing trees are more susceptible than slowly or poorly growing trees.

All these differences make it impossible to give a list of the amount of the infections and make it necessary to inoculate the trees for several years. Therefore only a differentiation into healthy, diseased and slightly diseased plants is made.

The nomenclature of Rehder was used for the identification of these elmtrees. Not all the varieties brought together can be found in Rehder however. These varieties have all been placed under one of the species used by Rehder.

The places of origin of the different elms have been added. The following list gives a circumscription of some of these places of origin.

Baarn	Cantonspark (botanical garden), Holland.
de Bie	Nursery, Zundert, Holland.
Bosgra	Nursery, Bergum, Holland.
Boston	Arnold Arboretum, U.S.A.
Gaujard	Nursery, France.
Hesse	Nursery, Weener, Germany.
Kew	Royal Botanic Gardens, England.
Leiden	Botanical Garden, Holland.
Poort Bulten . . .	Arboretum, Oldenzaal, Holland.
Späth	Nursery, Berlin, Germany.
Vilmorin	Nursery, France.
Wageningen . . .	Arboretum, Holland.

When seeds are obtained in spring, they should be sown out immediately, otherwise the germination power is lost. It may however happen that seeds left in the soil for a whole year will germinate next spring.

Inoculation of European elm species.

Different species and varieties of European elms, and seedlings from some of these species were tried on their susceptibility to *Ceratostomella ulmi*.

According to Rehder there are 6 European elm species: *Ulmus foliacea*, *Ulmus glabra*, *Ulmus hollandica*, *Ulmus laevis*, *Ulmus minor* and *Ulmus procera*. The elms which were obtained from the nurseries under other names, mostly *Ulmus campestris*, had to be ranged under one of the above mentioned species.

As many of these varieties do not flower as yet, they can only be identified by their leaves, so it sometimes is very difficult to range them with certainty under one of these species. Moreover so as it is extremely difficult to distinguish between the varieties of *Ulmus foliacea* and *procera*, and *Ulmus hollandica* and *glabra*.

The following list Table I gives the names of the different species and varieties that have been tested on their susceptibility.

Table I.

Name	Place of origin	Remarks
<i>Ulmus foliacea</i> Gilib.	Boston, Cambridge, Kew, Holland, Italy, France, Greece	—
" " <i>amplifolia</i>	Hesse	obtained as <i>Ulmus alba</i> Waldst. et Kit.
" " <i>cornubiensis</i>	Voorburg	obtained as <i>Ulmus campestris</i> <i>cornubiensis</i> Loud.
" " <i>Dampieri</i> Rehd.	den Haag	—
" " <i>erecta</i>	Kew	obtained as <i>Ulmus procera erecta</i>
" " <i>haarlemensis</i>	Poort Bulten	found by Springer Haarlem
" " <i>Hunnybunni</i>	Cambridge	—
" " <i>Lombartsii</i>	den Haag	—
" " <i>marmorata</i>	den Haag	syn. with <i>Ulmus campestris vari-</i> <i>egata fol. argenteo marginatis</i> in Dippel; might be <i>Ulmus</i> <i>fol. variegata</i> Rehd.
" " <i>microphylla pendula</i>	Kew	<i>Ulmus nitens</i> Moench
" " <i>monumentalis</i> Rinz.	Rotterdam	—
" " <i>pendula</i>	Hesse, Leiden	obtained from Hesse as <i>scampto-</i> <i>niensis (nitens pendula Henry)</i> from Leiden as <i>americana</i> <i>pendula</i>
" " <i>propendens</i> Rehd.	den Haag, de Bie	obtained from de Bie as <i>Ulmus</i> <i>suberosa pendula</i> Hort.
" " <i>Ruepellii</i> Rehd.	—	—
" " <i>Sowerbyi</i>	Boston	—
" " <i>stricta</i> Rehd.	Cambridge	—
" " <i>suberosa</i> Schneid.	den Haag	—
" " <i>suberosa pyramidalis</i> Hort. ⁸⁶	—	—
" " <i>tiliaefolia</i> Host	Späth	—
" " <i>umbraculifera</i> Rehd.	den Haag	—
" " <i>viscosa</i>	Kew	almost identical with <i>Ulmus</i> <i>foliacea Webbiana</i> Rehd.
" " <i>Webbiana</i> Rehd.	Kew, Amsterdam, Hesse	—
" " <i>Wentworthii pendula</i>	Kew	might belong to <i>Ulmus hollandica</i>
" " <i>Wheatleyi</i> Rehd.	den Haag	—
" " <i>Wredii</i> Rehd.	—	—
<i>Ulmus glabra</i> Huds.	France, Poort Bulten, den Haag	—
" " <i>atropurpurea</i> Rehd.	den Haag, Poort Bulten	—
" " <i>Camperdownii</i> Rehd.	den Haag	—
" " <i>cinerea</i>	Kew	—
" " <i>concavaefolia</i> Hort.	—	—
" " <i>cornuta</i> Rehd.	Kew, Utrecht	—
" " <i>crispa</i> Rehd.	Hesse, Kew, Poort Bulten	—
" " <i>fastigiata</i> Rehd.	Gaujard, den Haag, etc.	—
" " <i>libero-rubra</i>	Kew	pendulous form
" " <i>lutescens</i> Rehd.	Späth, den Haag	—
" " <i>monstrosa</i>	Späth	—
" " <i>pendula</i> Rehd.	Leiden, den Haag	—
" " <i>purpurea</i> Rehd.	Kew, den Haag	—
" " <i>suberosa alata</i>	Hesse	—

Name	Place of origin	Remarks
<i>Ulmus hollandica</i> Mill. <i>belgica</i> Rehd.	Holland	—
" " <i>Dauvessei</i> Rehd.	Kew	—
" " <i>Dumontii</i> Rehd.	Poort Bulten	—
" " <i>Escaillardii</i> Hort.	Hesse	—
" " <i>etrusca</i>	Kew	obtained as <i>glabra etrusca</i>
" " <i>Fjerrestad</i>	Sweden	—
" " <i>fulva</i> Hort.	Hesse	probably not <i>fulva</i>
" " <i>Gaujardii</i>	Gaujard	—
" " <i>gigantea</i> Hort.	Hesse	—
" " <i>Hillieri</i> Hort.	Vilmorin	weeping branches
" " <i>Holgeri</i> Jensen	Späth	—
" " <i>hoersholmensis</i>	Späth	—
" " <i>klemmer</i> Rehd.	Kew	—
" " <i>macrophylla</i>	Poort Bulten	obtained as <i>montana macrophylla</i> Hort.
" " <i>major</i> Rehd.	Utrecht, Kew	—
" " <i>modiolina</i>	Bosgra	syn. <i>Ulmus nitens modiolina</i> Henry
" " <i>pendula</i> Rehd.	Kew	—
" " <i>Pitteursii</i> Rehd.	Kew	—
" " <i>serpentina</i>	Kew	syn. <i>Ulmus major serpentina</i> Henry
" " <i>Smithii</i>	Kew	obtained as <i>Ulmus Smithii</i> Henry, pendulous form
" " <i>superba</i> Rehd.	den Haag	—
" " <i>vegeta</i> Rehd.	Utrecht, Poort Bulten, Cambridge	—
<i>Ulmus laevis</i> Pall.	Limburg, etc.	—
" " <i>celtidea</i>	Boston	—
<i>Ulmus minor</i> Mill.	Boston, Cambridge, Kew, Utrecht	—
<i>Ulmus procera</i> Salisb.	Boston, Vilmorin	—
" " <i>argenteo variegata</i> Rehd.	—	—
" " <i>Berardii</i> Rehd.	Vilmorin	—
" " <i>betulifolia</i> Hort.	Cambridge	—
" " <i>Gaujardii</i>	France	small leaves, as <i>hollandica</i> <i>Gaujardii</i> introduced by Gaujard
" " <i>marginata</i>	Vreugd en Rust	—
" " <i>minor argenteo marginata</i> Hort.	—	—
" " <i>nigrescens</i>	Boston	—
" " <i>purpurascens</i> Rehd.	Kew	—
" " <i>purpurea</i> Rehd.	Boston	—
" " <i>Ruepellii</i>	den Haag	—
" " <i>rugosa</i>	Hesse	obtained as <i>montana rugosa</i> Loud.
" " <i>Vanhouttii</i> Rehd.	—	—
" " <i>viminalis</i> Rehd.	Leiden	obtained as <i>Ulmus viminalis</i> Lodd.
" " <i>viminalis antarctica</i>	—	—
" " <i>viminalis gracilis</i> Hort.	—	syn. <i>Ulmus procera viminalis aurea</i> Rehd.
" " <i>viminalis stricta</i>	Kew	—
" " <i>viminalis variegata</i>	Kew	—

There are differences between the susceptibility of the different varieties of this list, but most varieties are very susceptible. Table II gives the amount of inoculations and the results (diseased, healthy or slightly diseased) from the varieties showing a decreased susceptibility.

Table II.

Name	year of inoculation	age of graft	amount of inoculations	diseased	healthy	slightly diseased
<i>Ulmus foliacea Dampieri</i> . .	1932	2 years	2	1	—	1
	1933	2 years	10	8	1	1
" " <i>Lombartsii</i> .	1931	1 year	5	—	5	—
	1932	2 years	3	1	1	1
	1934	older	10	9	1	—
" " <i>marmorata</i> .	1932	2 years	5	1	4	—
" " <i>monumentalis</i>						
Rinz . . .	1932	2 years	11	—	11	—
	1933	older	10	1	6	3
" " <i>Sowerbyi</i> . .	1932	1 year	11	1	7	3?
	1933	2 years	6	—	5	1?
	1934	3 years	10	8	2	—
" " <i>Wredii</i> . . .	1932	2 years	2	—	2	—
<i>Ulmus glabra fastigiata</i> . .	1931	older	11	—	9	2
	1932	2 years	7	4	1	1?
	1932	older	10	8	1	1
	1933	2 years	3	1	1	1
	1936	3 years	10	6	—	4?
" " <i>monstrosa</i> . .	1933	2 years	3	—	1	2
<i>Ulmus hollandica Hillieri</i> .	1932	1 year	5	—	3	2?
	1933	2 years	2	—	2	—
	1934	2 years	6	3	2	1
	1937	1 year	5	—	4	1?
" " <i>vegeta</i> . . .	1931	older	9	4	5	—
	1931	1 year	6	2	4	—
	1932	older	23	9	12	2?
	1932	2 years	19	6	8	5
<i>Ulmus procera Berardii</i> . .	1931	1 year	3	1	2	—
	1932	2 years	10	2	6	2?
	1933	2 years	1	—	1	—
	1934	1 year	6	—	6	—
	1934	2 years	2	1	1	—

Ulmus foliacea Dampieri, *Ulmus glabra fastigiata* and *Ulmus hollandica vegeta*, but especially the first two species show a much lower susceptibility in nature than *Ulmus hollandica*. But inoculations showed that they still possessed a rather high susceptibility. *Ulmus hollandica vegeta* does not catch the disease very easily but when it once gets diseased the disease will attack the tree very rapidly.

Ulmus foliacea Lombartsii, *Ulmus foliacea Sowerbyi* and *Ulmus hollandica Hillieri* during the first two years showed a high resistance, but the third year they caught the disease.

All the above mentioned varieties were found to be too susceptible to replace our common elm and the other varieties which showed a high resistance. *Ulmus foliacea Wredii*, *Ulmus glabra monstrosa*, *Ulmus procera Berardii* and *Ulmus procera monumentalis* Rinz, were growing too poorly to be of any use for replacing the *Ulmus hollandica* in our streets and alongside our roads.

Not only different varieties of elms were tested on their susceptibility, but also seedlings from some of these species or varieties.

In the following list the names and amounts of seedlings tested are given:

<i>Ulmus foliacea</i> ± 5700,	<i>Ulmus hollandica Gaurjadii</i> 4,
" " <i>tiliaefolia</i> 19,	" " <i>klemmer</i> 8,
<i>Ulmus glabra</i> ± 1400,	" " <i>rugosa</i>
" " <i>camperdownii</i> 2,	" " <i>pendula</i> 10,
" " <i>fastigiata</i> 320,	" " <i>superba</i> 10,
" " <i>pendula</i> 65,	" " <i>vegeta</i> 14,
" " <i>suberosa alata</i> 9,	<i>Ulmus laevis</i> 183,
<i>Ulmus hollandica</i> 1800,	<i>Ulmus procera Vanhouttii</i> 47.

The 5700 seedlings of *Ulmus foliacea* tested on their susceptibility were obtained from: Algiers, Bulgaria, Denmark, France, Germany, Greece, Italy, the Netherlands, Roumania, Spain and the United States. There is of course a great variation of types and as many of these seeds or seedlings were collected in nature the origin is very questionable. These seedlings varied a great deal in susceptibility but only those showing a very high resistance were kept for further investigations.

From the 5700 *foliacea*-seedlings 403 have not been tested long enough to make selections from them, while from the others 29 numbers were selected which showed a greater resistance, but only 7 numbers have been kept this year for further selection. From these 7 numbers 6 are selected specimens from the 390 tested Spanish elms and one is a selected specimen from the 3700 tested French seedlings.

A few examples will give an idea of the rate in which the trees were eliminated as a result of the infections obtained.

380 elms obtained in 1932 from the nurseries of Levasseur France showed in the first year an amount of 213 diseased plants. In 1933 from the 166 healthy plants 143 were diseased. In two years time only 25 plants of the original group were left.

In 1929, 390 elms were obtained from Spain. In the first year 246 became diseased, in the second year 75 from 108 tested plants and in the third year 25 from 43 tested plants. In 1933 only 9 trees were left from the original amount. This number decreased to only 6 trees during the next few years, and from these trees especially No. 24 (the elm

„Christine Buisman“) which was selected in 1932, is showing a fair growth and a very high resistance.

From 1400 tested *Ulmus glabra*-seedlings about 20 trees are left for further investigations, while 2 have been selected as more resistant types.

Seedlings from *Ulmus glabra fastigiata* showed a segregation in *Ulmus glabra* and *Ulmus glabra fastigiata*. The 9 remaining seedlings (inoculations were started with 216 seedlings) all belong to *Ulmus glabra fastigiata*.

From the other tested varieties only one seedling of *Ulmus hollandica klemmer* was selected as a more resistant tree.

From the selected seedlings grafts are made on layers of *Ulmus hollandica* or on seedlings of *Ulmus foliacea*. In this way it is possible to test at the same time a great number of plants, obtained from one seedling. In Table III the results of the inoculations on some of these grafts are given.

Table III.

Country of origin	year of inoculation	Older grafts				One year old grafts			
		number of inoculations	diseased	healthy	slightly diseased	number of inoculations	diseased	healthy	slightly diseased

Species and number: *Ulmus foliacea* No. 1.

France	1932	26	20	6	—	—	—	—	—
"	1933	39	11	19	9	—	—	—	—
"	1934	30	20	6	4	—	—	—	—
"	1935	2	1	1	—	—	—	—	—
"	1936	4	—	3	1	—	—	—	—
"	1937	15	3	12	—	—	—	—	—
Total		116	55	47	14	—	—	—	—

Species and number: *elm Chr. Buisman*.

Spain	1932	34	1	33	—	—	—	—	—
"	1933	37	3	31	3	13	—	13	—
"	1934	74	3	55	16	25	—	25	—
"	1935	103	1	97	5	4	—	4	—
"	1936	180	—	180	—	15	—	15	—
"	1937	244	5	239	—	4	—	4	—
Total		672	13	635	24	61	—	61	—

Species and number: *Ulmus foliacea* Nr. 28.

France	1933	—	—	—	—	2	—	1	1
"	1934	5	—	4	1	—	—	—	—
"	1935	2	—	2	—	20	1	—	—
"	1936	46	1	43	2	—	—	19	—
"	1937	27	9	18	—	8	—	8	—
Total		80	10	67	3	30	1	28	1

Country of origin	year of inoculation	Older grafts				One year old grafts			
		number of inoculations	diseased	healthy	slightly diseased	number of inoculations	diseased	healthy	slightly diseased
Species and number: <i>Ulmus foliacea</i> Nr. 31.									
Spain	1933	—	—	—	—	2	—	2	—
"	1934	11	2	7	2	5	—	5	—
"	1935	12	—	12	—	—	—	—	—
"	1936	21	—	20	1	6	—	6	—
"	1937	13	1	12	—	12	—	12	—
Total		57	3	51	3	25	—	25	—
Species and number: <i>Ulmus foliacea</i> Nr. 40.									
Spain	1933	—	—	—	—	10	—	9	1
"	1934	13	—	11	2	—	—	—	—
"	1935	4	4	—	—	—	—	—	—
"	1936	2	—	2	—	—	—	—	—
"	1937	2	—	2	—	9	—	9	—
Total		21	4	15	2	19	—	18	1
Species and number: <i>Ulmus foliacea</i> Nr. 42.									
Spain	1933	—	—	—	—	1	—	1	—
"	1934	3	2	1	—	8	—	8	—
"	1935	14	1	12	1	—	—	—	—
"	1936	29	—	29	—	—	—	—	—
"	1937	24	—	24	—	11	—	11	—
Total		70	3	66	1	20	—	20	—
Species and number: <i>Ulmus foliacea</i> Nr. 44.									
Spain	1933	—	—	—	—	2	—	2	—
"	1934	2	—	2	—	17	4	9	4
"	1935	16	1	13	2	—	—	—	—
"	1936	28	1	27	—	—	—	—	—
"	1937	5	2	3	—	—	—	—	—
Total		51	4	45	2	19	4	11	4
Species and number: <i>Ulmus foliacea</i> Nr. 49.									
England	1935	—	—	—	—	10	—	2	7
"	1936	20	—	20	—	—	—	—	—
"	1937	16	1	14	1	11	1	9	1
Total		36	1	34	1	21	1	11	8

Ulmus foliacea No. 1, a French seedling, is too susceptible to be promoted for cultivation. About 50% of the inoculated grafts became diseased as may be seen from table III. The susceptibility may be compared with that of *Ulmus glabra fastigiata*. Therefore it may be possible that this variety like *Ulmus glabra fastigiata* will hardly show any disease in nature. For this reason it is very fortunate that a trial with this number has been started in the streets of Haarlem. The tree is an excellent grower with bigger leaves than the other selected *foliacea*-numbers.

The elm „*Christine Buisman*“ (*Ulmus foliacea* No. 24) from Spain up to this moment is the best selected variety. It is a seedling from a lot of 390, received in 1929 from Spain as one or two years' old seedlings. From 1932 onwards not only the original seedling but also grafts have been tried on their susceptibility and in 1936 the first layers were inoculated. The results of the inoculations show that only 13 from 672 inoculations on grafts and layers gave a positive result and in all these cases the tree would recover and grow on without leaving external symptoms of disease. The 5 diseased trees from 1937 only showed one or two small branchlets that had wilted and died. It is not yet possible to give a good description of this tree as some of the necessary data are still missing. The tree has not flowered yet and it may even be possible, that it will turn out to be a variety of *Ulmus procera* instead of *Ulmus foliacea*. Many characteristics of the leaves point in this direction.

The leaves are very much undulated and have very short hairs on the upper surface and underneath. The leafstalks and young branches are hairy, which may be seen by the naked eye, as well as the hairs on the nerves underneath the leaf. The axillary buds have lateral buds like all the Spanish seedlings, while they usually will not be found on the French seedlings.

The tree on the whole may best be compared with *Ulmus foliacea Wheatleyi*. The young branches ramificate twice, but instead of growing upwards the lower branches are somewhat drooping. The tree has a more vigorous and broader growth than *Ulmus foliacea Wheatleyi*, while the leaves are a lighter green. The young leaves on the whole are slightly red. The tree has not much corkformation and will rapidly grow upwards. But the growth in thickness of the trunk is rather slow. Photograph 1 shows the shape of a seven years' old low grafted tree, photograph 2 a road planted with high grafted trees.

As far as the trees have been grafted this has been performed on the susceptible Dutch elm or on seedlings of *Ulmus foliacea* (mostly very



Photograph 1.

Ulmus foliacea „*Christine Buisman*“,
a seven years' old low grafted tree.

susceptible too). As many propagators have started already to layer this elm, it will be possible to get rid of the susceptible stock.

A start has been made with the planting of this elm alongside our highways and in the cities. But this planting is of too recent a date to publish any results about it as yet.

Ulmus foliacea Nr. 28 a French seedling with drooping branches shows in general the necessity of repeating the investigations on susceptibility for several years. In 1934 and 1935 only very few older grafts were tried. In 1936 enough trials could take place but the weather that year was not favourable for infection. During these three years only one graft became diseased while in 1937, 9 from 27 inoculated grafts became diseased. Therefore this number must now be placed among the susceptible varieties.



Photograph 2.

Ulmus foliacea „Christine Buisman“, a road planted with high grafted trees.

The numbers 31, 40, 42, 43 and 44 are all Spanish seedlings. Nr. 43 looks very much like the elm „Christine Buisman“. The difference exists in a somewhat slower growth and the absence of the drooping branches. This tree is very resistant but only the last two years inoculations on grafts were made. Inoculations on this tree will be continued. Nr. 31 is very resistant too, but the growth is more bushy than of the elm „Christine Buisman“. The numbers 40, 42 and 44 cannot be compared with the elm „Christine Buisman“ as far as growth and susceptibility are concerned. Yet their resistance is far better than from most known elm-varieties and therefore it seems advisable to continue inoculations on these numbers and collect more data about them.

Only one seedling of *Ulmus glabra* showed a higher resistance to the fungus. One graft from 36 inoculated older grafts became diseased but 2 one year old grafts (21 inoculated) became diseased too. As one year old grafts are much less susceptible than older grafts it is obvious

that this *Ulmus glabra* will prove to be too susceptible after further investigations. It is highly regrettable as this is a very fast growing form with big leaves.

In different places in Holland single trees were spared by the disease, while all the surrounding trees were killed. It may be possible that these isolated trees prove to be resistant to the disease. Therefore grafts from such trees have been made and tested on their susceptibility. Up till now the trees tested proved to be susceptible. It is still a problem what may have caused this apparent resistance. These isolated trees belonged to different species of elm. Among them were *Ulmus hollandica* and *Ulmus laevis* which are both very susceptible elms.

Summarizing the results of the investigations of European elmspecies and varieties, it is obvious that the best results will be obtained by continuing to try different individual seedlings and not by trying known varieties.

Inoculation of Asiatic elmspecies.

Among the Asiatic elms the most resistant species are to be found. Not all the Asiatic elm species are resistant, some are even very susceptible. To the susceptible elms belong:

Ulmus Bergmanniana Schneid., obtained from Boston (can be grafted only on *Ulmus americana* and *Ulmus laevis* and looks more like *Ulmus laevis*). This does not seem to point to a parentage to *Ulmus glabra* as appears from Rehder. The tree has not flowered here yet.

Ulmus densa, obtained from Hesse.

Ulmus elliptica K. Koch obtained from Kew and Späth.

Ulmus laciniata Mayr obtained from Späth.

Ulmus japonica Sarg. obtained from Boston, Kew, Späth, Vilmorin.

Ulmus turkestanica obtained from Kew and Späth. This tree is probably not *Ulmus turkestanica* Regel (*Ulmus pumila arborea* Litvin) as it has nothing in common with *Ulmus pumila*. The growth is analogous with *Ulmus densa* and *Ulmus Koopmannii*.

Somewhat less susceptible are:

Karagatch elm, obtained from Kew (might be identical with *Ulmus pumila arborea* Litvin).

Ulmus laciniata nikkoensis Rehd. obtained from Boston.

Ulmus macrocarpa Hance obtained from Boston; did not show any difference with the tree obtained as *Ulmus Davidiana*. Therefore the last has been omitted.

Ulmus Wilsoniana Schneid. obtained from Boston, Kew.

A very resistant species is:

Ulmus parvifolia Jacq. obtained from Kew, France, California.

To this species also belong;

Ulmus Shirasawana Daveau obtained from Vilmorin.

Ulmus Sieboldii Daveau obtained from Vilmorin, Utrecht, Kew.

Ulmus Sieboldii coreana Nakai.

From this group *Ulmus parvifolia* and *Ulmus Shirasawana* are not hardy when young. *Ulmus Sieboldii coreana* is much better in this respect. The species of this group have wonderful autumn colours and would do excellently for planting in parks. They have too small leaves and grow too slow for a planting along roads.

The most resistant elms are:

Ulmus pumila L.

Ulmus pumila pinnato ramosa Henry.

Only one inoculation on 470 from *Ulmus pumila* and 2 inoculations on 92 from *Ulmus pumila pinnato ramosa* gave positive results while in 1933 two trees of *Ulmus pumila* diseased spontaneously. The fungus isolated from these trees was not a more active strain of the fungus as inoculations proved the next year.

Table IV.

year of inoculation	Older grafts				One year old grafts			
	number of inoculations	diseased	healthy	slightly diseased	number of inoculations	diseased	healthy	slightly diseased
Used elmtrees: <i>Ulmus pumila</i> hybr. A.								
1934	—	—	—	—	8	—	8	—
1935	6	—	5	1	14	—	12	2
1936	75	4	69	2	—	—	—	—
1937	44	5	37	2	—	—	—	—
Used elmtrees: <i>Ulmus pumila</i> hybr. B.								
1934	—	—	—	—	5	—	5	—
1935	2	1	1	—	15	—	14	1
1936	59	2	57	—	—	—	—	—
1937	31	5	21	5	—	—	—	—
Used elmtrees: <i>Ulmus pumila</i> hybr. C.								
1934	—	—	—	—	2	—	2	—
1935	—	—	—	—	15	—	15	—
1936	25	2	23	—	—	—	—	—
Used elmtrees: <i>Ulmus pumila</i> hybr. D.								
1936	—	—	—	—	25	—	25	—
1937	20	—	19	1	—	—	—	—
Used elmtrees: <i>Ulmus pumila</i> hybr. E.								
1936	—	—	—	—	13	—	13	—
1937	19	—	19	—	—	—	—	—
Used elmtrees: <i>Ulmus pumila</i> hybr. F.								
1936	—	—	—	—	10	—	10	—
1937	20	—	20	—	—	—	—	—

Unfortunately *Ulmus pumila* and *Ulmus pumila pinnato ramosa* are seriously attacked by *Nectria cinnabarina*. In spring whole branches will die. Therefore a planting of this tree in Holland cannot be advised.

In Italy however this tree is replacing the *Ulmus foliacea* which is used as a support for the vine.

From two of these Asiatic species seedlings were tried on their susceptibility.

From *Ulmus japonica* 15 seedlings were tested. In the first years two of these seedlings seemed to be less susceptible. When grafts were made of these seedlings they however proved to be susceptible too.

Ulmus pumila seedlings from Italy and Holland were tested. The Italian seedlings did not show any disease, while there were a lot of susceptible plants among the Dutch seedlings.

Not all the Dutch seedlings did show the real *pumila* type. This group of seedlings gave the impression of having been crossed with another elm species. This too would explain the amount of susceptible plants among these seedlings.

In the spring of 1936 artificial crossing with elms was started. Mr. Doorenbos crossed *Ulmus pumila* with *Ulmus hollandica* and *Ulmus montana*. The results of these crosses were plants that showed the same differences as the *pumila* seedlings from 1933. It is therefore very probable that they are the result of crossing too.

A few of these *pumila* seedlings were selected and grafts of them were made. The results of the inoculations on these grafts are shown in table IV.

Only few grafts of *Ulmus pumila* A, B and C became diseased, but they were mostly severely attacked. *Ulmus pumila* D, E and F did not become diseased after inoculation of one and two years'old grafts, but they should be tried for a longer period in order to yield definite results.

Inoculations of American elm species.

The American elm species are very susceptible elms. In the following list the species and varieties tested on their susceptibility have been listed:

<i>Ulmus alata</i> Mich.	Boston
<i>Ulmus americana</i> L.	Boston
<i>Ulmus americana pendula</i> Ait.	Boston
<i>Ulmus crassifolia</i> Nutt.	Baarn
<i>Ulmus fulva</i> Mich.	Boston, Kew
<i>Ulmus racemosa</i> Thomas	Boston
<i>Ulmus serotina</i> Sarg.	Kew

All these species show a very heavy attack. *Ulmus americana* is even more susceptible than *Ulmus hollandica*.

Among the seedlings from *Ulmus americana* no difference in attack could be found.

Seedlings from *Ulmus fulva* were all susceptible too.

Inoculation of different elms by elm bark beetles.

The transmission of *Graphium ulmi* by elm bark beetles has been sufficiently proved by the investigations of Betrem and Fransen.

Fransen (1931, Mededeeling 5) reports on page 57 that an elm tree on which beetles in a cover were placed, became diseased. Many trees inoculated by beetles however remained healthy.

Now it may be possible that inoculation by elm bark beetles on different elm species will give other results than after inoculation with a syringe. The trouble however is, that not every inoculation with beetles will yield an infection. It is evident that not all the beetles will be infected, as some of them may deposit their eggs in the bark of dead trees, which were not killed by *Ceratostomella ulmi*, while in the bark of diseased trees not every beetle need become contaminated. Therefore a method has been worked out by Fransen to contaminate the beetles artificially with the spores of *Ceratostomella ulmi* (Fransen, 1935 b, Fransen and Buisman, 1935).

A combination of strains of *Ceratostomella ulmi* is grown on beerfelts permeated by cherry juice. When enough coremia have developed the beetles are placed between two felts, separated by a ring and are thus contaminated with the spores of the fungus.

In 1934 first 100 and later 50 beetles were used for the inoculation of a single tree. In the following years 20 to 30 beetles were used.

The beetles were placed on the tree in a cover of cheese-cloth and left there for about five days. Then the cheese-cloth and the beetles were removed. If the cheese-cloth was left on longer the leaves might become yellow.

Inoculation with beetles were made on 21 different selected seedlings and 14 elm species and varieties (Fransen and Buisman, 1935, Buisman, 1936, Went, 1937, 1938).

The tested elm species and varieties are:

<i>Karagatch elm</i>	<i>Ulmus glabra cornuta</i>
<i>Ulmus americana</i>	<i>Ulmus glabra fastigiata</i>
<i>Ulmus foliacea Christine</i>	<i>Ulmus hollandica belgica</i>
<i>Buisman</i>	<i>Ulmus hollandica klemmer</i>
<i>Ulmus foliacea</i> No. 1, 26, 27,	No. 47
28, 29, 31, 32, 35, 39, 40,	<i>Ulmus hollandica superba</i>
42, 44, 46, etc.	<i>Ulmus japonica</i> No. 48
<i>Ulmus glabra</i>	<i>Ulmus laciniata nikkoensis</i>
<i>Ulmus glabra</i> No. 49 and 50	<i>Ulmus laevis</i>

*Ulmus macrocarpa**Ulmus parvifolia**Ulmus pumila**Ulmus pumila* hybrid A, B

and C

*Ulmus pumila pinnato ramosa**Ulmus Wallichiana**Ulmus Wilsoniana*.

Some inoculations with beetles gave positive results, while the corresponding inoculations with a syringe were negative and vice versa. This is not very astonishing as inoculation with a syringe of less susceptible varieties may give rise to different results too. A single plant may become diseased, while the other plants from the same variety won't show any disease at all.

A very strong infection with elm bark beetles as compared to inoculation with a syringe gave *Ulmus foliacea* No. 1. But on the whole no difference in infection between the two methods could be found.

After inoculation with beetles, the elm "*Christine Buisman*" became diseased in one out of 14 trees in 1935, while in 1934, 1936 and 1937 no infection took place (27 trees inoculated).

Influence of *Graphium ulmi* on the elm wood.

Ceratostomella ulmi will cause a brown discoloration of the vessels. This discoloration is caused by the formation of tylosis and gum in the youngest vessels. After inoculation this discoloration will be found in susceptible as well as in resistant elm varieties. The resistant varieties mostly do not show discoloration over a very long distance such as the susceptible elm varieties will show. But it is not possible to measure the susceptibility by the distance of this discoloration.

Table V gives the length of the discoloration of the elm "*Christine Buisman*".

Table V.

Description of the tree	Year of inoculation	State of the tree	Discoloration upwards in cm	Discoloration downwards in cm
Layer 3 year old	1937	healthy	70	17
" 3 " "	1937	"	80	15
" 3 " "	1937	"	66	5
Graft	1937	slightly diseased	90	22
"	1937	infected by beetles slightly diseased	85	162
"	1936	healthy	100—153	7

A great difference between the spreading downwards of the discoloration by the different trees can be observed. Especially the tree infected by beetles in nature showed a discoloration over a very long distance (162 cm). The outward symptoms of this tree were very similar

to those of the slightly diseased graft of 1937 (inoculated with syringe) which only showed a discoloration of 22 cm downwards.

A diseased graft of *Ulmus pumila* hybrid B (inoculated in 1937) showed a discoloration of 15 cm downwards and 80 cm upwards which may be compared with the spreading of the discoloration in the healthy layers of the elm „Christine Buisman“. A healthy graft of *Ulmus pumila* hybrid B (inoculated in 1936) showed a discoloration of 40 cm downwards and 85 cm upwards.

Most of the diseased grafts however (*Ulmus Wallichiana*, *Ulmus glabra* No. 49, both inoculated 1937) showed a discoloration upwards as far as the top of the tree and downwards to the ground (it would even pass the grafted place and continue in the stock).

Another way to learn something about the transport of the fungus in the tree was to measure the rate of growth of the fungus in the tree (Buisman, 1936, p. 7.; Went, 1937, p. 6.). Branches were inoculated and after 2, 4 and 6 days the fungus was isolated at different distances from the inoculation place. In 1935 the upward movement was investigated on branches of different elms and at the same time on cut-off branches of these same elms. The spreading of the fungus in these cut-off branches is much slower than in those on the tree. This shows that the water-transport of the plant is of importance for the transport of the fungus.

Not much difference is to be found between the spreading of the fungus in more and less susceptible varieties of elms.

For the spreading above the place of inoculation *Ulmus americana*, *Ulmus glabra fastigiata*, *Ulmus pumila* and the elm „Christine Buisman“ were used. In *Ulmus americana* and *Ulmus glabra fastigiata* the fungus would spread rapidly, except in one case of *Ulmus americana*, where not much difference in the spreading of the fungus with *Ulmus pumila* and the elm „Christine Buisman“ could be found.

The spreading downwards did not reach the same distance as the spreading upwards. This was to be expected when the fungus was transported by the sap stream. The transport in *Ulmus glabra* was much greater than in *Ulmus americana* while the transport in *Ulmus americana* (very susceptible to the disease) would not show much difference with the transport in *Ulmus pumila* (very resistant). The rate of transport of the fungus immediately after inoculation does not seem to be an important factor with trees of different susceptibility. This is in accordance with the results of Dr. Buisman (1932) on the watertransport in different elms. For these investigations she used the apparatus described by Melhus, Muncie and Ho, 1924. Under constant pressure water is pulled through the stems of different elm species. It was found that only the amount of wood with wide and small vessels was of importance for the transport in healthy elms. As this varied greatly in different

individuals of the same species, no results of the difference in water-transport between the different species were obtained. Through branches of diseased elms hardly any water could be pulled as was to be expected. It may be possible that through the watertransport the transpiration of the leaves will influence the transport of the fungus in the wood-vessels of the elm.

To investigate this Dr. Buisman (1933 b) measured the transpiration of the leaves of different elm species by the transpiration method of Livingston and Shreve (1916). They used the cobalt-chloride-paper method to measure the transpiration. Filterpaper drenched with cobalt-chloride will turn an intense blue when dry, but change to pink or become almost colourless when wet. The time needed by a cobalt-chloride paper to turn pink from blue, can be measured with the help of two control slips of the wanted colour. The results did not show any difference between the susceptible and more resistant varieties, even when the amount of leaf surface of the different plants was taken into consideration. With all these investigations no correspondance could be found between the sapstream and the susceptibility of the plant.

In 1933 many elm trees became diseased before they could have been infected by elm bark beetles. The weather had been too unfavourable for the beetles to fly early that year. To make sure about this the crotches of the twigs were sought for the feeding of the beetles (Fransen, 1935 a). Most scars were one or more years old. The current years' scars failed almost entirely. The few that were found could never have caused the infection of the big trees, used for the investigation.

This would point out that old infections had caused the death of the trees by growing transversally into the young wood.

It is very difficult to look for scars in these old trees. Therefore Dr. Buisman (1936) for these investigations used young elm seedlings, which the year before were diseased. Here all the crotches of the twigs could be looked over for the feeding of the beetles. If no feeding took place and a discoloration of the youngest wood was found, this could only originate from former years' infections.

No discoloration could be found in 30 layers of *Ulmus hollandica* and 91 seedlings of *Ulmus foliacea*, while discoloration could be found in 7 out of 98 seedlings of *Ulmus glabra*. In all these 7 cases outward symptoms of the disease could be found. The next year (Went, 1937) 7 out of 49 investigated seedlings of *Ulmus glabra* showed discoloration of the new wood, while only two of these seedlings showed outward symptoms. From 11 seedlings of *Ulmus foliacea* two showed discoloration, but no outward symptoms. This proves that the amount of plants which

show the growing on into the next annual ring of the fungus, may vary greatly in different years.

The anatomy of diseased wood (Buisman 1935, p. 15) shows that a layer of parenchymatous cells filled with starch is formed around the infected wood.

The formation of new wood may stop outside this layer. In this case the growth of the infected branches may come to a stop without showing outward signs of disease. If the tree becomes diseased again after this first time a new layer of cells filled with starch will be formed. All these results were obtained from *Ulmus glabra*. If only few vessels are diseased (*Ulmus pumila*), no layer of cells filled with starch is formed, only a few rows of smaller vessels.

The branches investigated were inoculated in June and July. In October these starch layers could be found, the next year in May most of the starch had disappeared.

Broekhuizen, 1929, investigated the influence of *Ceratostomella ulmi*, extracts of this fungus and different chemicals on the formation of tylosis and gum in the vessels of elms and other trees.

From all the different trees tested, elms proved to form most tylosis and gum. This formation did not take place as long as the sap stream was too slow in spring.

His most striking result was the influence of acids with a low pH (pH 1) in the formation of tylosis and gum. This formation could be compared with the reaction caused by an extract of the fungus (filtered through a Berkefeld filter). In this last case only tylosis occurs.

Injection with the fungus gives rise to a discoloration over a much longer distance, while a great deal more tylosis and gum are formed. By these investigations it cannot be proved yet what physiologic influence the fungus has on the elm tissue.

Summary.

Different elm species and varieties have been tested on their susceptibility to *Ceratostomella ulmi*. The inoculation was performed with a syringe.

Ulmus pumila and *Ulmus pumila pinnato ramosa*, both Asiatic elm species proved to be very resistant to the disease. As they are very susceptible to *Nectria* attack, planting of these species cannot be advised in Holland.

Ulmus parvifolia and the related species *Ulmus Shirasawana*, *Ulmus Sieboldii* and *Ulmus Sieboldii coreana*, all of them Asiatic species, can be recommended as being resistant too, but will only be useful in parks. The Asiatic species *Karagatch elm*, *Ulmus macrocarpa*, *Ulmus laciniata nikkoensis* and *Ulmus Wilsoniana* and the European species *Ulmus foliacea*

Dampieri, *Ulmus foliacea monumentalis* Rinz, *Ulmus foliacea Wredii*, *Ulmus glabra fastigiata*, *Ulmus hollandica Hillieri*, *Ulmus hollandica vegeta* and *Ulmus procera Berardii* belong to a group of elms, which are less susceptible than the Dutch elm, but planting of most of these elms cannot be advised.

The American and most of the European elm species are very susceptible. But among the seedlings of European elms more and less resistant specimens are found.

The most resistant of these elms is the elm "*Christine Buisman*" (*Ulmus foliacea* Nr. 24), a Spanish seedling of *Ulmus foliacea*. This tree opens good perspective for further cultivation. It can be bought already in the Dutch nurseries.

Testing of other seedlings on their susceptibility is being continued.

The same results will occur after inoculation with the help of elm bark beetles, which have been artificially contaminated with *Ceratostomella* spores, as after inoculation with a syringe.

The fungus will spread in the resistant varieties, but mostly discoloration over not more than a relatively short distance can be found. No difference in watertransport or transpiration could be found between resistant and susceptible elms.

The fungus spreads rapidly through the vessels, but only in special cases transversal transport in the tree will take place.

This transversal transport will cause a new attack of the tree the following year, without any new infection through beetles.

In the diseased wood a layer of parenchymatous cells filled with starch will be found around the diseased vessels. The starch content of this layer disappears in spring. Tylosis and gum can be produced in the vessel by injecting acid (pH 1 gives the best results). Tylosis alone is produced by the injection of fungous extract. In neither of these cases the same amount of tylosis or gum is formed as after an injection of the fungus.

Literature list.

- Broekhuizen, S., 1929. Wondreaksies van hout. Het ontstaan van thyllen en wondgom in het bijzonder in verband met de iepenziekte. Diss. Utrecht.
- Buisman, Ch. J., 1932. Verslag van de phytopathologische onderzoeken over de iepenziekte verricht in het laboratorium „Willie Commelin Scholten“ gedurende 1931. Tijdschrift o. Plantenz. 39, p. 17. Iepen ziekte-Comité, Meded. 10.
- Buisman, Ch. J., 1933 a. Verslag van de onderzoeken over de iepenziekte verricht in het Phytopathologisch Laboratorium „Willie Commelin Scholten“ te Baarn gedurende 1932. Tijdschrift o. Plantenz. 39, p. 77 and 101. Iepen ziekte-Comité, Meded. 13.
- Buisman, Ch. J., 1933 b. Proeven over waterverdamping bij bladeren van verschillende iepensoorten. Tijdschrift o. Plantenz. 39, p. 38. Iepen ziekte-Comité, Meded. 13.
- Buisman, Ch. J., 1934. Verslag van de onderzoeken over de iepenziekte, verricht in het Phytopathologisch Laboratorium „Willie Commelin Scholten“ te Baarn, gedurende 1933. Tijdschrift o. Plantenz. 40, p. 65. Iepen ziekte-Comité, Meded. 16.

- Buisman, Ch. J., 1935 a. Verslag over de onderzoekingen betreffende de iepenziekte, verricht in het Phytopathologisch Laboratorium „Willie Commelin Scholten“ te Baarn, gedurende 1934. Tijdschrift o. Plantenz. 41, p. 104. Iepenziekte-Comité, Meded. 18.
- Buisman, Ch. J., 1935 b. Sensibilité de diverses espèces et variétés d'ormes à *Ceratomyxa ulmi*. Rev. Path. Végét. et d'Ent. Agric. 22, p. 200.
- Buisman, Ch. J., 1936 a. Verslag van de onderzoekingen over de iepenziekte verricht in het Phytopathologisch Laboratorium „Willie Commelin Scholten“ te Baarn, gedurende 1935. Tijdschrift o. Plantenz. 42, p. 21. Iepenziekte-Comité, Meded. 20.
- Buisman, Ch. J., 1936 b. Inoculaties met behulp van iepenspintkevers. Iepenziekte-Comité, Meded. 22.
- Clinton, G. P., Mc. Cormick, Fl. A., 1936. Dutch elm disease: *Graphium ulmi*. Connecticut Agr. Exp. Stat. Bull. 389.
- Fransen, J. J., 1931. Enkele gegevens omtrent de verspreiding van de door *Graphium ulmi* Schwarz veroorzaakte iepenziekte door de iepenspintkevers *Eccoptogaster (Scolytus) scolytus* F. en *Eccoptogaster (Scolytus) multistriatus* Marsh in verband met de bestrijding dezer ziekte. Tijdschrift o. Plantenz. 37, p. 49. Iepenziekte-Comité, Meded. 5.
- Fransen, J. J., 1935 a. Onderzoekingen over de iepenziekte verricht aan het laboratorium voor entomologie te Wageningen in 1934. Tijdschrift o. Plantenz. 41, p. 240. Iepenziekte-Comité, Meded. 19.
- Fransen, J. J., 1935 b. Het gebruik van bierviltjes als substraat voor schimmelcultures. Vakbl. voor Biologen 17, No. 1.
- Fransen, J. J. and Buisman, Ch. J., 1935. Infectieproeven op verschillende iepensoorten met behulp van iepenspintkevers. Tijdschrift o. Plantenz. 41, p. 221. Iepenziekte-Comité, Meded. 19.
- Livingston, B. E. and Shreve, E. B., 1916. Improvements in the Method for determining the Transpiring Power of Plant Surfaces by Hygrometric Paper. The Plant World 19, p. 287.
- Melhus, I. E., Muncie, J. H. and Ho Km, T. H., 1924. Measuring Water Flow Interference in Certain Gall and Vascular Diseases. Phytop. 14, p. 580.
- Went, Joha. C., 1937. Verslag van de onderzoekingen betreffende de iepenziekte, verricht op het Phytopathologisch Laboratorium „Willie Commelin Scholten“ te Baarn, gedurende 1936. Tijdschrift o. Plantenz. 43, p. 75. Iepenziekte-Comité, Meded. 24.
- Went, Joha. C., 1938. Verslag van de onderzoekingen betreffende de iepenziekte, verricht op het Phytopathologisch Laboratorium „Willie Commelin Scholten“ te Baarn, gedurende 1937. Tijdschrift o. Plantenz. 44. Iepenziekte-Comité, Meded. 27.
- Westerdijk, Joha., Ledebouer, Marie, Went, Joha. C., 1931. Mededeelingen omtrent gevoeligheidsproeven van iepen voor *Graphium ulmi* Schwarz, gedurende 1929 en 1930. Tijdschrift o. Plantenz. 37, p. 105. Iepenziekte-Comité, Meded. 4.

Kurze Mitteilungen.

Aus der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft
in Berlin-Dahlem.

Dienststelle für physiologische Botanik.

Eine neue Farbreaktion zur Diagnose des Abbaugrades der Kartoffelknolle.

Vorläufige Mitteilung.

Von Heimo Friedrich.

Einleitung.

Bei Untersuchungen über den Stickstoffhaushalt gesunder und abbaukranker Kartoffelknollen versuchte ich die bekannte Biuretreaktion an Preßsäften von Knollen, die nach ihrer Herkunft und der Beurteilung ihrer Mutterstauden teils als gesund, teils als krank anzusehen waren. Dabei zeigten sich Unterschiede zwischen der Reaktionsweise der Preßsäfte von **gesunden** Knollen und solcher von **kranken** Knollen, die im Folgenden beschrieben werden.

Die Biuretreaktion, die fast augenblicklich eintritt und nach wenigen Minuten ihre volle Farbintensität erreicht hat, gibt im **allgemeinen** mit Preßsäften kranker Knollen tiefviolette Töne, mit den Preßsäften gesunder Knollen eine **blassere, bläuliche bis graulila** Färbung. Diese Farbunterschiede sind jedoch meist gering und auch nur innerhalb derselben Sorte typisch, eignen sich also **kaum** für diagnostische Zwecke.

Verwendet man ein Mischungsverhältnis der Reagentien, das von dem unten beschriebenen nicht zu sehr abweicht, und läßt die Lösungsmischungen in Reagenzgläsern einige Stunden bei Zimmertemperatur stehen, dann verhalten sich die Proben von gesunden Knollen ganz anders als die von krankem Material. Die Lösungsgemische mit den Preßsäften gesunder Knollen verändern ihre Farbe von violett oder blaulila über rotlila und braun bis zu reinem hellen gelb. Die Lösungsgemische mit den Preßsäften von abbaukranken Knollen behalten hingegen ihre tiefviolette Färbung. Zwischen diesen beiden extremen Färbungstypen gibt es eine Reihe von Zwischenstufen, die nach den bisherigen Erfahrungen Mittelfällen im Gesundheitszustand entsprechen. Die Verfärbung von violett in gelb hat mit der Biuretreaktion nichts mehr zu tun und stellt eine neue, chemisch noch aufzuklärende Reaktion dar.

Verwendet man eine Reihe Knollen ein und derselben Herkunft, deren Knollenmaterial voraussichtlich recht unterschiedlich von extrem gesund bis extrem krank variiert, dann erhält man mit dem Material dieser einen Herkunft die beiden oben beschriebenen Färbungstypen und alle Zwischenstufen. Wird der Versuch mit Knollenmaterial angesetzt, das von ein und demselben Acker stammt, aber im Anbaujahr nach gesunden und kranken Stauden sortiert geerntet wurde, dann zeigt sich unabhängig von der Art des Herkunftssackers und der Anbaubedingungen, daß die Knollen gesunder Stauden Preßsaftgemische ergeben, die in das helle Gelb umfärben, wogegen aus entsprechenden Knollen kranker Stauden Preßsaftgemische erhalten werden, die die Violettfärbung mehr oder weniger beibehalten.

Ich habe die Reaktion an dem recht umfangreichen Herkunftsmaterial der Biologischen Reichsanstalt nachgeprüft und dabei gefunden, daß die gesundheits- bzw. krankheitstypischen Färbungen mit großer Regelmäßigkeit zu erwarten sind. Bevor wir darüber urteilen können, ob es sich hier um eine praktisch brauchbare, d. h. hinreichend sichere Methode zur Abbaudiagnose handelt, muß selbstverständlich erst ein noch größeres und noch umfangreicheres Herkunftsmaterial untersucht und mit Nachbauprüfungen verglichen werden. Ich glaube aber jetzt schon dem dringenden Bedürfnis nach praktisch verwertbaren Methoden nachkommen und meine Befunde in einer vorläufigen Mitteilung bekanntgeben zu müssen. Vielleicht sind andere interessierte Institute in der Lage, die hier beschriebene neue Farbreaktion an ihrem Kartoffelmateriale nachzuprüfen, was die Frage nach der praktischen Verwertbarkeit der Methode einer schnelleren Beantwortung zuführen würde.

Material und Methode.

Die unbedingte Sicherheit über den wirklichen Gesundheitszustand des verwendeten Knollenmaterials ist selbstverständlich nur auf Grund von Nachbauten zu erreichen. Dieser Vergleich wird noch stattfinden. Das Material ist aber auf Grund jahrelanger Erfahrungen mit größter Wahrscheinlichkeit richtig beurteilt, so daß ein überraschender Gegensatz zwischen dem vermuteten und dem tatsächlichen Gesundheitszustand nicht zu erwarten ist.

Folgende Kartoffelsorten wurden verwendet: Erstling, Juli, Frühgold, Direktor Johanssen, Flava, Odenwälder Blaue, Industrie, Erdgold, Goldgelbe, Stärkereiche, Voran, Parnassia, Ackersegen, Wohltmann und Altgold. Die Herkünfte dieser Sorten wurden so gewählt, daß neben den bekannten Hochzuchtherkünften eine oder mehrere gesunde Lagen und mehrere bekannte Abbaulagen in den Vergleich kamen. Ferner wurden die Nachbaustufen solcher Abbaulagen in die Untersuchung einbezogen.

Es muß darauf aufmerksam gemacht werden, daß die oben beschriebenen Unterschiede in der Entfärbung der Biuretreaktion nur dann in vollem Umfang zu erwarten sind, wenn das hier zu beschreibende Mischungsverhältnis eingehalten wird. In 2 ccm Pressaft der Kartoffelknolle werden 2 ccm n/1 Kalilauge pipettiert und dann diesem Gemisch 4 ccm einer 0,5 %igen Kupfersulfatlösung zugefügt. Die Mischung wird in einem Reagenzglas hergestellt und durch mehrmaliges Umschütteln des Glases gut durchmischt. Die Biuretreaktion tritt fast sofort ein und zeigt auch sofort die oben beschriebenen geringen Unterschiede in der Tönung der blauvioletten Farbe. Man läßt die Mischungen nun in Reagenzglasgestellen bei Zimmertemperatur ruhig stehen und beurteilt die Farben nach 20 Stunden. Es empfiehlt sich nicht, kürzere Zeiträume bis zur Beurteilung der Farbunterschiede zu wählen. Eine kürzere Wartezeit ist zwar manchmal für die Beurteilung der Farbunterschiede günstiger, weil diese, besonders bei geringen Abbaugraden, mit größeren Gegensätzen zum Ausdruck kommen. Aber nach 20 Stunden ist in der Regel keine Veränderung der Farbtöne mehr zu erwarten, was der Farbbeurteilung eine größere Sicherheit gibt, wenn man zwei Herkünfte vergleichen muß, von denen die eine heute und die andere erst morgen verarbeitet werden kann. Auch ist nach dieser Ausschaltung des Zeitfaktors das Einhalten einer ganz konstanten Temperatur nicht notwendig.

Man darf den Inhalt der Probegläser jedoch nicht erwärmen, um die Reaktion zu beschleunigen, denn bei höheren Temperaturen findet auch in Preßsaftgemischen kranker Knollen die Gelbfärbung statt.

Es wurde schon gesagt, daß die Entfärbung der Biuretreaktion ein Vorgang ist, der sich über eine Reihe von Stunden erstreckt. Bei den Mischungen mit Preßsäften gesunder Knollen ist dabei folgendes zu beobachten. Es tritt eine Verfärbung ein, die das violett über braunlila und gelbbraun in gelb verwandelt. Manchmal findet dieser Farbumschlag in allen Teilen des Glasinhaltes gleichmäßig statt, oft ist aber auch die Gelbfärbung auf die unteren Teile der Flüssigkeit beschränkt, sodaß dann über einer gelben Schicht eine lila bis braun gefärbte Schicht steht. In anderen Fällen kann man beobachten, daß der Farbwechsel erst unten beginnt und dann später die oberen Schichten des Glasinhaltes ergreift.

In Verbindung mit der Gelbfärbung sind Ausfällungen von verschiedener Form und Menge zu beobachten. So zeigen sich feine gelbe bis orangerote Bodensätze oder dichte gelbe Niederschläge, in anderen Fällen gleichmäßige leichte Trübungen. Solches findet man bei Mischungen mit Preßsäften gesunder Knollen. Dagegen zeigen die Mischungen mit Preßsäften kranker Knollen keine Trübung der violett bis helllila bleibenden Lösungen. Aber manchmal findet man, daß sich unter dem dunkel gefärbten Glasinhalt ein gallertiger glasklarer farbloser oder gelblich gefärbter Kuchen bildet, der sich durch seine feste Konsistenz von dem gelben Glasinhalt der Preßsaftmischungen gesunder Knollen unterscheidet. Das Auftreten dieser glasklaren Gallerte scheint charakteristisch für das kranke Material einiger Sorten zu sein. Man kann es aber nicht als Diagnostikum verwenden, weil es bei anderen Sorten fehlt.

Versuche.

Die vorliegende Mitteilung verfolgt den Zweck, die Beobachtung bekannt zu geben, daß nach der Biuretreaktion eine Umfärbung stattfindet, und die Wahrscheinlichkeit der Beziehung zwischen dieser Erscheinung und dem Gesundheits- bzw. Abbauzustand der Kartoffelknolle darzustellen. Der Umfang des bearbeiteten Materiales gestattet noch nicht, den statistischen Nachweis einer derartigen Beziehung zu führen. Die vorliegenden Versuchsergebnisse weisen zwar eindeutig in diese Richtung, aber ich bin mir klar darüber, daß ein noch vielseitigeres Herkunftsmaterial mit größeren Knollenzahlen verarbeitet werden muß. Es hat sich in den letzten Jahren bei ähnlichen Arbeiten immer mehr herausgestellt, daß der Nachweis einer direkten Beziehung zwischen dem Gesundheitszustand und irgendwelchen feststellbaren Kennziffern nicht allein über die Brauchbarkeit einer Methode entscheidet. Denn diese Brauchbarkeit hängt noch davon ab, ob Herkunftseinflüsse, die nichts mit der Krankheit zu tun haben, oder andere Faktoren, wie z. B. Erntezeit, Lagerungstemperatur und dergleichen, das Kennzeichen, das man als diagnostisches Merkmal feststellen will, in ähnlicher Weise ändern können, wie es der Übergang von gesund zu krank zur Folge hat. Solche Untersuchungen muß ich späteren Veröffentlichungen vorbehalten und will jetzt nur zeigen, daß eine Beziehung zwischen dem Gesundheits- oder Abbauzustand der Knollen und der Umfärbung der Biuretreaktion wahrscheinlich vorhanden ist.

Zum Zweck der Darstellung teilte ich die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen an Hand der erreichten Farbtöne in folgende vier Gruppen ein:

Gruppe I (mit dem Verrechnungswert 1) enthält alles, was sowohl in der Aufsicht wie in der Durchsicht hellgelbe bis orangegelbe Töne zeigte.

Gruppe II (mit dem Verrechnungswert 2) enthält alles, was neben deutlichem Gelb noch dunklere Töne zeigt, also a) die schon erwähnte Doppelfärbung: unten gelb, oben lila bis bräunlich; b) Mischttöne mit gelb wie: gelbbraun, gelbgrau oder gelb mit lila Opaleszenz. Das Gelb ist in dieser Gruppe meist an die Ausfällung gebunden, die sich von der dunkleren Flüssigkeit absetzt (Fall a) oder suspendiert bleibt (Fall b)

Gruppe III (mit dem Verrechnungswert 3) enthält die braunen, braunlila, rotlila und blaßlila Farbtöne. Der Glasinhalt ist dabei ohne wesentliche Ausfällung (Trübung), hat aber eventuell einen Bodensatz von heller Gallerte.

Gruppe IV (mit dem Verrechnungswert 4) enthält die Fälle mit ausgesprochen tiefvioletttem Farbton. Auch hier gibt es wie bei III keine wesentliche Ausfällung, aber eventuell gallertigen Bodensatz.

Jede Knolle einer Herkunft erhielt den Verrechnungswert, der ihr auf Grund ihrer Farbreaktion in Anlehnung an die oben beschriebene Gruppeneinteilung zukam. Aus den Verrechnungswerten der Knollen einer Herkunft wurde das arithmetische Mittel gebildet, das den durchschnittlichen Verrechnungswert der Herkunft darstellt. Der Herkunftsdurchschnittswert 1 bedeutet also die extreme Gesundreaktion der Herkunft: alle untersuchten Knollen reagierten nach Gruppe I, der Durchschnittswert 4 bedeutet die extreme Krankreaktion: alle untersuchten Knollen reagierten nach Gruppe IV. Alle anderen Herkunftswerte liegen zwischen diesen beiden Zahlen. Die so aus je 24 Knollen errechneten Herkunftsdurchschnittswerte sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Die Tabelle enthält links untereinander die Sorten nach der Reifezeit von früh bis spät geordnet. Von links nach rechts sind nebeneinander die Herkünfte aufgeführt, wobei die Reihenfolge nach den Herkunftswerten bestimmt wurde, die auf Grund jahrelanger Anbauverfahren bekannt waren. Unter der Tabelle sind die Ernterelationen dargestellt. Diesen Zahlen liegen die Erntemengen im Durchschnitt von 5 Sorten zugrunde, die im Jahre 1936 in den betreffenden Herkunftslagen angebaut und im Jahre 1937 unter gleichmäßigen Bedingungen im Vergleich nachgebaut worden waren. Die hier dargestellte Ernterelation soll auf zahlenmäßiger Grundlage eine Vorstellung von den Herkunftswerten geben. Sie sagt nichts über den tatsächlichen Gesundheitszustand des mit der Biuretprobe untersuchten Materials aus, es sind aber, wie schon oben besprochen wurde, keine überraschenden Abweichungen zu erwarten.

Aus der Tabelle geht hervor, daß die Herkunftsdurchschnittswerte mit dem, was wir über die vermutlichen Pflanzgutwerte dieser Herkünfte wissen, im allgemeinen gut übereinstimmen. Es fallen nur die Hochzuchten der Sorten Juli, Erstling und Stärkereiche überraschend heraus. Ob es sich hier um gesundes oder teilweise krankes Material handelt, kann nicht mit Bestimmtheit gesagt werden. Bei den Sorten Erstling und Juli ist es nicht ausgeschlossen, daß ein Teil des Materiales krank war, denn dies kann trotz der Anerkennung bei diesen Sorten vorkommen. In ähnlicher Weise können wir die Hochzucht

der Sorte Stärkereiche nicht beurteilen, denn es liegen keine entsprechenden Erfahrungen vor.

Tabelle.

	Hochzucht	Lübeck I	Lübeck II	Eichhof I	Eichhof II	Stade I	Stade II	Gliesmarode I	Gliesmarode II	Aschersleben I	Aschersleben II	Dahlem I	Dahlem II	Dahlem III
Erstling	2,5	—	—	1,8	—	2,3	—	—	—	—	—	3,8	—	—
Juli	2,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,2	—	—
Frühgold	1,0	1,2	—	1,2	—	—	—	—	—	—	—	2,5	2,4	3,0
Direktor Johanssen	1,1	1,0	—	1,6	1,4	1,0	1,3	1,4	1,7	2,0	2,7	2,8	3,2	3,0
Flava	1,0	1,1	—	1,5	—	—	—	—	—	—	—	3,1	2,8	2,9
Odenwälder Blaue .	1,3	1,5	—	—	—	1,6	1,4	—	3,1	—	3,6	3,2	3,5	—
Industrie	1,3	1,3	1,0	1,3	1,4	1,2	1,5	1,0	1,3	2,4	2,3	2,8	—	3,5
Erdgold	1,0	1,3	—	1,0	—	—	—	—	—	—	—	1,9	2,2	2,8
Goldgelbe	1,0	—	—	1,0	—	—	—	—	—	—	—	2,7	2,9	3,1
Voran	1,1	1,1	—	1,1	—	—	—	—	—	—	—	1,7	1,7	1,9
Stärkereiche	2,7	—	—	1,7	—	—	—	—	—	—	—	3,1	3,7	3,6
Parnassia	1,0	1,0	1,2	1,3	1,0	1,0	1,3	1,5	1,8	1,5	1,6	1,9	2,6	2,8
Ackersegen	1,0	—	—	1,6	—	—	—	—	—	—	—	2,0	2,4	2,8
Wohltmann	1,4	1,5	—	1,7	—	—	—	—	—	1,8	—	1,8	2,1	2,2
Altgold	1,0	1,3	—	1,4	—	—	—	—	—	—	—	1,2	3,0	3,4
Ernterelationen der Herkünfte (Hoch- zucht = 100) . . .	100	88	—	88	—	67	—	63	—	54	—	45	26	18

Besprechung und Zusammenfassung.

Bei Untersuchungen über den Stickstoffhaushalt gesunder und abbaukranker Kartoffelstauden hat es sich herausgestellt, daß sich Lösungsmischungen von Preßsäften gesunder Knollen mit den Reagentien der Biuretteaktion anders verhalten als solche Lösungsmischungen mit Preßsäften kranker Knollen. Bei letzteren wird die dunkelviolette Farbe der Biuretteaktion beibehalten, wogegen sich die Lösungsmischungen mit Preßsäften gesunder Knollen bis zu einem hellgelben Farbton aufhellen. Zwischenstufen dieser Farbextreme entsprechen wahrscheinlich den Zwischenstufen zwischen extrem krank und extrem gesund. Der endgültige Farbton der Aufhellung wird nach spätestens 20 Stunden erreicht, so daß ein Vergleich angestellt werden kann, der vom Zeitfehler unabhängig ist.

Es ist noch nicht mit Sicherheit zu sagen, ob die beobachtete Farbreaktion als diagnostisches Merkmal in praktischen Untersuchungsverfahren zu verwerten ist. Hierzu bedarf es noch umfangreicherer Nachprüfungen. Das Verfahren hat aber wahrscheinlich eine genügende Sicherheit, denn offenbare Widersprüche sind bisher noch nicht beobachtet worden.

Über die theoretische Deutung der Erscheinung ist vorläufig noch nichts zu sagen, denn es ist bisher noch nicht gelungen, die Zusammenhänge der nachträglichen Farbänderung restlos aufzuklären. Vor allen Dingen hat sich bisher kein Anhaltspunkt für die Aufklärung der Tatsache ergeben, daß sich die Lösungsmischungen mit Preßsäften gesunder Knollen anders verhalten als solche mit Preßsäften kranker Knollen.

**Aus dem Phytopathologischen Institut
der Staatlichen landwirtschaftlichen Forschungsanstalten
Prag-Dejvice, Tschechoslovakei.**

Ein Versuch mit der Passage des Blattrollkrankheitsvirus bei der Kartoffel.

Von Dr. Ing. Ctibor Blatný und Dr. Ing. Anton Robek.

Mit 3 Abbildungen.

Ohne auf die Diskussionen über die Immunisation der Pflanzen einzugehen, geben wir im weiteren den Bericht über unsere Versuche mit der Passage des obengenannten Virus, welche wir in den Jahren 1935—1937 durchgeführt haben. Der Versuch wurde mit 33 Knollen, welche gesunden Pflanzen entstammten, Sorte Erstling, eingeteilt in drei Gruppen zu je 11 Knollen (Gruppen A, B, C) durchgeführt, d. h. der Versuch wurde dreimal wiederholt.

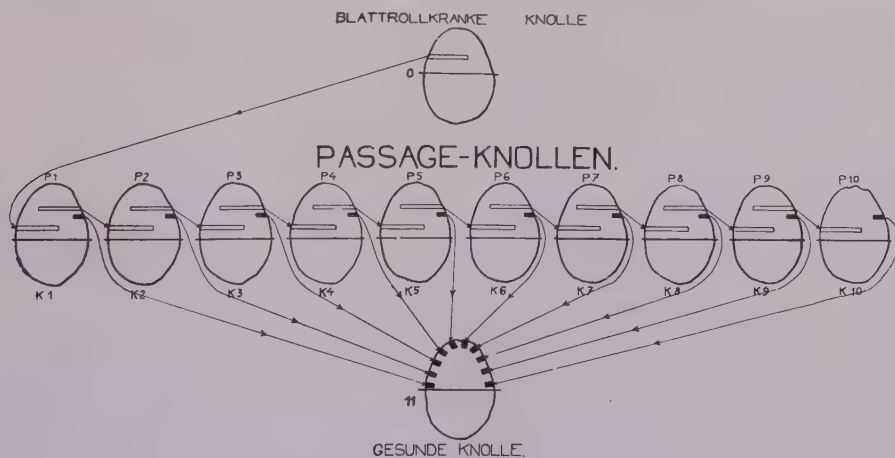


Abb. 1.

Schema der Passage des Blattrollvirus bei der Kartoffel.

Versuchsmethode: Jede Knolle wurde in zwei Hälften, Kronen- und Nabelhälfte, geteilt. Die Kronenhälften wurden zur Passage verwendet, die Nabelhälften ohne Passageoperation als Kontrolle ausgesetzt. Die Passage geschah auf folgende Weise (siehe Abb. 1): Aus der Kronenpartie einer blattrollkranken Knolle wurde ein Zylinder des Gewebes herausgenommen. Dieser Gewebezylinder wurde in gleich großen Raum in der gesunden Knolle Nr. 1 eingepropft und mit Kollodium eingeklebt. Die so behandelte Knolle Nr. 1 wurde in einem $12 \pm 2^\circ \text{C}$ warmen Raum drei Tage lang aufbewahrt. Nach drei Tagen wurde aus der Knolle Nr. 1 an anderer Stelle ein gleich großer Gewebezylinder herausgenommen, in gleich großen Raum in der gesunden Knolle Nr. 2 eingepropft und mit Kollodium eingeklebt. Die Knollen Nr. 1 und 2 wurden dann aufbewahrt im erwähnten $12 \pm 2^\circ \text{C}$ warmen Raum, die Knolle Nr. 2 nach drei Tagen in derselben Weise behandelt wie früher die Knolle Nr. 1. Auf diese

Weise schritt die Passageoperation bis zur Knolle Nr. 10 fort. Nach weiteren drei Tagen wurde aus der Passageknollenhälfte Nr. 10 ein kurzer Gewebezylinder herausgenommen, und dieser kurze Gewebezylinder wurde in gleich großen Raum der Kronenhälfte der Knolle Nr. 11 eingepropft (die Nabelhälfte dieser Knolle wurde als Kontrollhälfte ausgesetzt). Nach weiteren drei Tagen wurde ein kurzer Gewebezylinder aus der Passageknollenhälfte Nr. 9 herausgenommen und an anderer Stelle der Kronenhälfte der Knolle Nr. 11 eingepropft. Auf diese Weise wurde auch bei den Knollenhälften 8—1 fortgeschritten, indem die kurzen, den Knollenhälften Nr. 8—1 entnommenen Gewebezylinder je nach



Abb. 2.

„Kronenhälfte Nr. 9“,

Pflanze aus der Gruppe B, gesund, im Jahre 1936.

drei Tagen in die Kronenhälfte der Knolle Nr. 11 eingepropft wurden. Die ganze Passage ist in 57 Tagen durchgeführt worden, man hat am 15. Februar 1935 angefangen und am 16. April 1935 beendet.

Am 17. April 1935 wurden dann alle Passageknollenhälften (insgesamt $3 \times 11 = 33$) in einer Reihe ausgesetzt, daneben dann die Kontrollknollenhälften (Nabelhälften). Die Quelle des Virus, die blattrollkranke Knolle, wurde zwecks Beobachtung in der Nähe herausgesetzt (Nr. 0). Alle Knollenhälften wurden auf schwerer Braunerde bei den Forschungsanstalten herausgesetzt. Das Grundstück wurde gleichmäßig nur mit Kompost gedüngt, Vorfrucht Wiese; soweit möglich zu kontrollieren, wuchsen auf diesem Grundstück keine Kartoffeln.

Bei Besichtigung am 3. Juni 1935 (nach 35 Tagen nach dem Aufkommen) wurde festgestellt:

bei der Gruppe A Passageknollenhälften 6 gesunde, 4 kranke (mit Blattroll)
Pflanzen, Pflanzen Nr. 3, 4, 5, 6.

Kontrollknollenhälften 10 Pflanzen gesund.

- bei der Gruppe B Passageknollenhälften 8 gesunde, 2 kranke (mit Blattroll) Pflanzen, Pflanzen Nr. 5, 9.
Kontrollknollenhälften 10 Pflanzen gesund.
- bei der Gruppe C Passageknollenhälften 10 gesunde Pflanzen.
Kontrollknollenhälften 10 Pflanzen gesund.

Bei Besichtigung am 19. Juni 1935 (nach 51 Tagen nach dem Aufkommen) wurde festgestellt:

- bei der Gruppe A Passageknollenhälften 1 gesunde, 9 mit Blattroll kranke Pflanzen, und zwar die Pflanzen Nr. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10.
Kontrollknollenhälften 10 Pflanzen gesund.

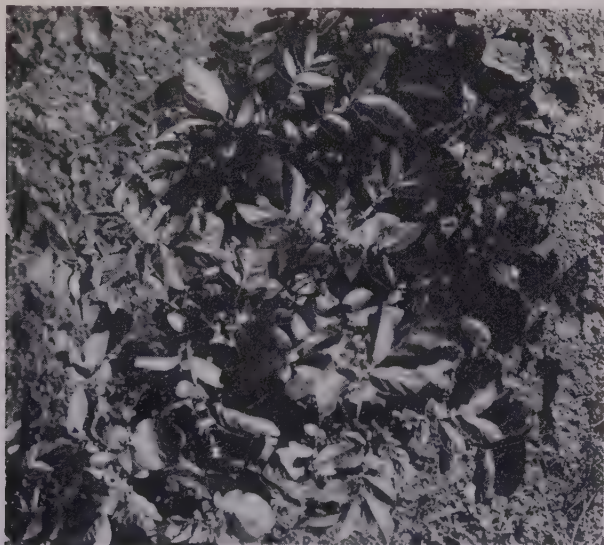


Abb. 3.

„Kronenhälfte Nr. 11“,

Pflanze aus der Gruppe A, blattrollkrank, im Jahre 1936.

- bei der Gruppe B Passageknollenhälften 2 gesunde, 8 mit Blattroll kranke Pflanzen, und zwar die Pflanzen Nr. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10.
Kontrollknollenhälften 10 Pflanzen gesund.
- bei der Gruppe C Passageknollenhälften 5 gesunde, 5 mit Blattroll kranke Pflanzen, und zwar die Pflanzen Nr. 4, 5, 6, 7, 8.
Kontrollknollenhälften 10 Pflanzen gesund.

Bei Besichtigung am 25. Juni 1935 (nach 57 Tagen nach dem Aufkommen) wurde festgestellt:

- bei der Gruppe A Passageknollenhälften 1 gesunde, 9 mit Blattroll kranke Pflanzen, und zwar die Pflanzen Nr. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10.
Kontrollknollenhälften 7 gesunde, 3 mit Blattroll kranke Pflanzen, und zwar die Pflanzen Nr. 7, 8, 9.

bei der Gruppe B Passageknollenhälften 1 gesunde, 9 mit Blattroll kranke Pflanzen, und zwar die Pflanzen Nr. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10.

Kontrollknollenhälften 10 Pflanzen gesund.

bei der Gruppe C Passageknollenhälften 5 gesunde, 5 mit Blattroll kranke Pflanzen, und zwar die Pflanzen Nr. 4, 5, 6, 7, 8.

Kontrollknollenhälften 10 Pflanzen gesund.

Bei der Ernte (am 2. Juli 1935) wurden folgende Erträge konstatiert:

Gruppe A.

Passageknollenhälften	Anzahl der Knollen	Gewicht der Knollen g	Kontrollknollenhälften	Anzahl der Knollen	Gewicht der Knollen g
Nr. 0 (blattrollkranke Knolle)	2	30	Nr. 0 (blattrollkranke Knolle)	2	30
Passageknollenhälfte Nr. 1	18	320	Kontrollknollenhälfte Nr. 1	13	245
" " 2	15	333	" " 2	17	295
" " 3	4	80	" " 3	*)	*)
" " 4	12	275	" " 4	18	340
" " 5	9	150	" " 5	8	130
" " 6	5	172	" " 6	7	195
" " 7	18	270	" " 7	8	177
" " 8	13	179	" " 8	7	160
" " 9	16	225	" " 9	8	60
" " 10	8	170	" " 10	8	210
Durchschnitt			Durchschnitt		
je Passageknollenhälfte	11,8	217,4	je Kontrollknollenhälfte	10,4	201,4
Kronenhälfte Nr. 11	18	325	Nabelhälfte Nr. 11	6	130

*) Nicht aufgekommen.

Gruppe B.

Passageknollenhälften	Anzahl der Knollen	Gewicht der Knollen g	Kontrollknollenhälften	Anzahl der Knollen	Gewicht der Knollen g
Nr. 0 (blattrollkranke Knolle)	2	15	Nr. 0 (blattrollkranke Knolle)	2	10
Passageknollenhälfte Nr. 1	14	150	Kontrollknollenhälfte Nr. 1	11	250
" " 2	13	285	" " 2	11	220
" " 3	9	185	" " 3	4	140
" " 4	9	235	" " 4	9	180
" " 5	9	130	" " 5	6	240
" " 6	11	200	" " 6	6	200
" " 7	8	170	" " 7	7	160
" " 8	13	195	" " 8	7	175
" " 9	13	80	" " 9	*)	*)
" " 10	9	227	" " 10	10	345
Durchschnitt			Durchschnitt		
je Passageknollenhälfte	10,8	185,2	je Kontrollknollenhälfte	7,9	212,2
Kronenhälfte Nr. 11	9	300	Nabelhälfte Nr. 11	6	255

*) Pflanze durch Drahtwurm vernichtet.

Gruppe C.

Passageknollenhälften	Anzahl der Knollen	Gewicht der Knollen	Kontrollknollenhälften	Anzahl der Knollen	Gewicht der Knollen
Nr. 0 (blattrollkranke Knolle)	1	5	Nr. 0 (blattrollkranke Knolle)	1	10
Passageknollenhälfte Nr. 1	11	250	Kontrollknollenhälfte Nr. 1	7	180
" " 2	13	250	" " 2	12	310
" " 3	11	290	" " 3	7	200
" " 4	5	140	" " 4	6	175
" " 5	11	290	" " 5	10	250
" " 6	10	160	" " 6	*)	*)
" " 7	10	260	" " 7	7	320
" " 8	10	270	" " 8	5	210
" " 9	15	350	" " 9	8	310
" " 10	15	410	" " 10	**)	**)
Durchschnitt			Durchschnitt		
je Passageknollenhälfte	11,1	265	je Kontrollknollenhälfte	7,7	244,3
Kronenhälfte Nr. 11	11	360	Nabelhälfte Nr. 11	8	380

*) Nicht aufgegangen. **) Durch Drahtwurm vernichtet.

Passageknollenhälften der Knollen Nr. 11 gaben also größere Erträge als im Durchschnitt die Passageknollenhälften der Nr. 1—10, wobei unentschieden bleibt, ob es sich um eine Folge der Stimulation durch Verwundung oder Passage oder um größere Ertragsfähigkeit der Knolle selbst handelte.

Die Pflanze Nr. 11 (Passagekronenhälfte) war bei allen drei Gruppen (A, B, C) im Jahre 1935 gesund, die Ernten dieser Pflanzen wurden als Versuchsmaterial für das Jahr 1936 genommen. Im Jahre 1936 wurde die Passage auf dieselbe Weise wie im Jahre 1935 durchgeführt.

Bei Besichtigung des Versuches am 15. Juni 1936 wurden in den Gruppen A und C alle Pflanzen Nr. 1—10 und auch die Pflanzen Nr. 11 mit Blattrollkrankheit befallen. In der Gruppe B waren die Pflanzen 1—8 krank mit Blattrollkrankheit, nur die Kronenhälfte Nr. 9 — so behandelt wie die Kronenhälfte Nr. 11 im Jahre 1935 — brachte eine vollkommen gesunde Pflanze, welche eine Ernte von 500 Gramm lieferte (der Ertrag der Passageknollenhälften betrug im Jahre 1936 bloß 160—230 Gramm). Die durch diese Pflanze gelieferte Ernte wurde im Jahre 1937 als Versuchsmaterial ausgesetzt, die Passagepfropfung wurde schon nicht mehr wiederholt. Die Nachkommenschaft der erwähnten Pflanze erwies am 15. Juni 1937 bei allen Pflanzen starken Blattrollbefall.

Im Laufe der Versuche sind die Pflanzen auf keinerlei Weise gegen die Außeninfektion geschützt worden.

Es scheint, daß die beschriebene „Immunisation“ ein positives, jedoch vorübergehendes und nachher durch verschlechterten Gesundheitszustand paralyisiertes Ergebnis zur Folge hatte.

Zu: Weitere Untersuchungen über Getreiderostbekämpfung mit chemischen Mitteln. (Diese Zeitschrift **11**, 1938, S. 14.)

Nach dem Erscheinen meiner unter obigem Titel im vorhergehenden Heft veröffentlichten Untersuchungsergebnisse wurde ich seitens der Patentabteilung der I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, Frankfurt a. M., davon in Kenntnis gesetzt, „daß die Verwendung von Amidn aromatischer Sulfosäuren oder deren Substitutionsprodukten oder Derivaten zur Bekämpfung von Rostkrankheiten an Kulturpflanzen der I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, Frankfurt a. M., durch das DRP. 617899 geschützt ist.“ Ich entspreche gern dem Wunsche der Firma, an dieser Stelle auf das Patent, das bereits am 11. Mai 1931 eingereicht ist, hinzuweisen.

Meine mit Sulfonamiden erzielten Befunde bestätigen somit schon von anderer Seite gewonnene, in der Fachpresse allerdings nicht bekannt gegebene Beobachtungen, soweit es sich jedenfalls um Gewächshausversuche und um die Wirkung auf Getreideroste handelt. Es sei aber ausdrücklich hervorgehoben, daß durch den Hinweis auf das Patent eine Anerkennung für die in der Patentschrift angeführte vielseitige Brauchbarkeit aromatischer Sulfonamide, insbesondere auch für eine feldmäßige Verwendungsmöglichkeit, keineswegs zum Ausdruck gebracht werden soll.

Hassebrauk.

Besprechungen.

Zeller, A. Über Nematodengallen an Wasserpflanzen. (Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft, Bd. **55**, 1937, H. 8, S. 473—484.)

Nematodengallen scheinen an Süßwasserpflanzen bisher nicht beobachtet worden zu sein. Verf. beschreibt zwei solcher Zenidien, die beide aus Sumatra stammen (Ethnologische Sunda-Expedition 1928/29). An *Mysis phyllum spicatum* werden nach der Infektion gedrehte und verdickte Achsenstücke sichtbar, deren Internodien stark gestaucht und deren Blätter schwach entwickelt sind; für *Potamogeton Malayanus* beschreibt Verf. Achsenstücke, die durch unvollkommene Entwicklung der Spreiten und gefördertes Wachstum der Blattscheiden sich sehr auffällig von den normalen Anteilen der Wirtspflanze unterscheiden; er vergleicht sie mit den organoiden Gallen der *Livia* (auf *Juncus*) und anderen ähnlichen. Weiterhin behandelt Verf. die an den Sproßspitzen von *Helodea* auftretende, zuerst wohl von Mez beobachtete Gabelung der Achsen. Dem Ref. ist dieselbe Erscheinung aus dem Botanischen Garten von Bonn sowie dem Gießener bekannt, sie scheint also weit verbreitet zu sein. Die Veranlassung zu der Mißbildung gibt eine zum *subs. Chitincephelenchus* gehörende *Aphelenchus*-Art. Ob man hierbei von einer Galle sprechen darf, bezeichnet Verf. mit Recht als zweifelhaft.

Küster.

Brown, N. A. and Gardner, F. E. Indolacetic acid galls of a secondary type. (Phytopathology, vol. **27**, p. 1110—1113, 1937.)

Die beiden Verfasser haben schon in einer früheren Mitteilung (Phytopathology, **26**) darauf hingewiesen, daß sich durch Anwendung von Indol-Essigsäure „Gallen“ erzeugen lassen, die den von *Bacterium tumefaciens* veranlaßten gleich oder ähnlich sind; Brown, Kraus und Hathner haben (Bot.-Gaz., vol. **8**, p. 370 und 735) über die histologische Zusammensetzung der in Rede

stehenden Neubildungen berichtet. In der vorliegenden Mitteilung wird die Erscheinung behandelt, daß nicht nur an der Inokulationsstelle, sondern auch in wechselnden Abständen von dieser „sekundäre Gallen“ entstehen können; hiernach — so folgern die Verfasser — sei die Annahme wohl zulässig, daß auch die nach Beimpfung mit Tumor erzeugenden Bakterien auftretenden sekundären Gallen nicht auf Verschleppung und Fortleitung von Mikroorganismen, sondern auf eine Wirkung der von diesen gelieferten Stoffwechselprodukte zurückzuführen sind.

Küster.

La Rue, C. D. The rôle of auxin in the development of intumescences on poplar leaves; in the production of cell outgrowths in the tunnels of leaf-miners; and in the leaf-fall in *Coleus*. (Amer. Journ. of Bot., vol. 22, No. 10, 1935, p. 908.)

Blätter von *Populus* entwickeln nicht nur in dampfesättigtem Raum die wohlbekannten Intumescenzen; solche entstehen auch im gut ventilierten Raum nach Bestreichen der Blätter mit Intumescenzenbrei, durch Auflegen von intumescenztragenden Blattstücken, durch Auftragen von Heteroauxinpaste (Lanolin) oder Injektion von Heteroauxinlösung in die Zweige. — Miniergänge im Mesophyll werden zuweilen dort durch Zellenwucherungen verstopft, wo Fäcesbrocken von Insekten liegen. Die Beobachtungen erinnern an die Mitteilungen des Ref. über Zellenwucherungen, die in Pontaniagallen rings um die Kotballen der Zezidozoen entstehen. Trägt man an Blättern von *Mitchella repens* die untere Epidermis ab und bringt man Insektenkot auf das entblößte Mesophyll, so entstehen ähnliche Wucherungen wie nach Anwendung von 0,0005 % Heteroauxin. — Die vom Ref. beschriebene Ablösung entspreiteter *Coleus*-Blattstiele läßt sich verzögern durch Auflegen von Agar, der „Exudat“ von Blättern oder Pollen von *Populus grandidentata* enthält, oder von Lanolinproben mit denselben Bestandteilen oder Harn oder 0,0005 % Heteroauxin.

Küster.

Link, G. K. K., Wilcox, H. W. a. Link, A. de S. Responses of bean and tomato to *Phytophthora tumefaciens*, *Phytophthora tumefaciens* extracts, β -indolacetic acid, and wounding. (Botan. Gaz., vol. 98, No. 4, 1937, p. 816—867, with 22 figs.)

Die experimentell arbeitende Cecidologie hat wichtige Fortschritte zu verzeichnen, seitdem die Aufmerksamkeit auf die gallenerzeugenden Bakterien, vor allem auf *Phytophthora tumefaciens* (*Bacterium tumefaciens*) gelenkt worden ist; mit diesem ist ein gallenerzeugender Parasit gefunden worden, der sich als Saprophyt auf den üblichen Nährböden züchten und vorrätig halten läßt, jederzeit auf Wirtspflanzen der verschiedensten Art übertragen werden und sich auf diesen als Gallenbildner betätigen kann, so daß im Laboratoriumsversuch sich an den vom Experimentator gewählten Arten und Infektionsstellen Gallen erzeugen und der Einfluß äußerer und innerer Bedingungen auf ihre Entwicklung studieren lassen.

Bedeutungsvolle weitere Fortschritte hat die Kombination der Gallenforschung mit der Lehre von den Wuchsstoffen gebracht. Durch die Unter-

suchungen von Link, Wilcox und Link bekommt die von Malpighi begründete chemische Theorie der Zezidogenese bedeutungsvolle Stützen, nachdem sich hat zeigen lassen, daß aus dem Nährboden der auf Dextrose-Tryptophan oder Dextrose-Tryptophan-Pepton kultivierten Zezidophyten durch Ätherextraktion sich Stoffe gewinnen lassen, die zu Lanolin-Paste verarbeitet und auf *Phaseolus*-Keimpflanzen aufgetragen ganz ähnliche Wachstumsanomalien hervorrufen wie β -Indolessigsäure. Ob freilich die Indolessigsäure der einzige Wuchsstoff ist, der in den Bakterienkulturen entsteht, oder ob neben ihr noch andere, — muß zunächst fraglich bleiben. In gleichem Sinn wie *Phytomonas tumefaciens* gedenken die Verf. *Erwinia amylovora*, *Phytomonas rhizogenes*, *Rhizobium phaseoli*, *Taphrina deformans* und andere *Taphrina*-Arten und *Ustilago xae* zu prüfen.

Die Verff. geben wertvolle Anregungen für die Förderung der Auxinforschung. Eine Nomenklatur wird für diese vorgeschlagen. Alle Wuchsstoffe seien als Auxone zu bezeichnen, die Termini Auxine und Heteroauxine für bestimmte chemisch wohl definierbare Stoffe zu reservieren. Weitere Unterscheidungen sind nach den zyto-, histo- und organogenetischen Wirkungen der Wuchsstoffe zu treffen (Zellenvergrößerung, Zellenteilung, Plasmavermehrung usw.). Autoauxine sind diejenigen, welche von der zum Wachstum angeregten Pflanze produziert werden; Heteroauxine stammen von fremden Individuen oder kommen überhaupt nicht in Pflanzen vor.

Die Untersuchungen aller Autoren, die sich bisher mit der Erforschung der bei der Zezidogenese wirksamen Stoffe beschäftigt haben — die Verff. erinnern an Bechhold und Smith' „Tumefaciens-Plastin“ (1927) und an die von Némec untersuchten Bakterien, die kallusbildende Stoffe produzieren (1929) — haben den histologisch unkomplizierten kataplasmatischen mehr oder weniger kallusähnlichen Gallen gegolten. Vor neue schwierige Fragen stellt uns die Genese derjenigen Gallen, die Ref. als prosoplasmatische bezeichnet hat. Ihnen gegenüber ist die Annahme nicht zu umgehen, daß selbst nahe verwandte Zezidozoen ungleichartige chemische Stoffe ausscheiden und durch ungleichartige chemische Beeinflussung die von einer Art der Gallentiere zur anderen wechselnden und höchst charakteristisch unterschiedenen zyto- und histogenetischen Leistungen der Wirtspflanze bewirken.

Die Verff. ziehen in Erwägung, daß „the kind of auxones produced by, in, or on the parasite as well as the mode, duration, and quantity of their production probably are more significant than in the relatively simple callus-like galls induced by *Phytomonas tumefaciens*“. Die Verff. erwägen, daß die an den Freßwerkzeugen, im Darm und auf der Körperoberfläche der Zezidozoen tätigen Bakterien eine Rolle spielen, oder daß die Zezidozoen selbst Heteroauxone produzieren könnten. An La Rue's Beobachtungen über die durch Insektenkot bewirkten Tumorbildungen wird hier erinnert.

Die Erfahrung, daß bodenbewohnende Bakterien und Pilze Heteroauxon produzieren, läßt die Annahme prüfenswert erscheinen, daß die Wirkungen des Humus zum Teil auf seinen Gehalt an Auxonen zurückgehen und die Lehre von den Auxonen auch auf das Mykorrhizaprobem Licht zu werfen vermag (vergl. auch das nachfolgende Referat).

Küster.

Link, G. K. K. Rôle of heteroauxones in legume nodule formation, beneficial host effects of nodules, and soil fertility (Nature, vol. 140, 507, 1937).

In den aus Wurzelknöllchen von *Phaseolus vulgaris* gewonnenen Bakterienkulturen (Dextrose-Bakto-Tryptophan usw.) konnte Verf. (Ätherextrakt) Wachstumsstoffe nachweisen und durch *Avena*- und *Phaseolus*-Test als β -Indolessigsäure bestimmen. Andererseits haben die Autoren der im vorangehenden Referat behandelten Arbeit in dieser mitteilen können, daß β -Indolessigsäure an *Phaseolus*-wurzeln neben anderen Entwicklungsstörungen auch Verdickung und Knöllchenbildung hervorrufen kann. Ähnliches hat Thimann (1936) für *Pisum* nachgewiesen, deren Wurzelknöllchen nach demselben Autor besonders auxonreich sind. Ob β -Indolessigsäure das wirksame Agens bei Knöllchenbildung oder nur eines der dabei beteiligten Auxone ist, muß dahingestellt bleiben. Der Auxongehalt der Knöllchen tragenden Wurzeln hilft die Wirkung, die die Knöllchen auf die Wirtspflanze haben, und die der Leguminosen-Gründüngung erklären.

Küster.

Haracsi, L. Beiträge zur Biologie der Blattläuse. Sopron 1937.
(Ungarisch mit deutscher Zusammenfassung, 55 pp. mit 20 Abbildungen).

Die Untersuchungen beziehen sich auf *Lachnus roboris* (*Quercus*), *Pemphigus bursarius* (*Populus*), *Pemphigus spirothecae* (*Populus*), *Prociphilus bumeliae* (*Fraxinus*) und *Tetraneura gallarum* (*Ulmus*). Sie bringen neue Mitteilungen über die Entwicklungsgeschichte der Aphididen, die in ihnen verwirklichte Pilzsymbiose und die von ihnen bewirkte Zezidogenese. Im Vordergrund steht die Schilderung der Mycetomanlagen, aus deren vorderen Ende die Speicheldrüse, aus deren hinteren das eigentliche Mycetom hervorgeht. Beide leiten sich von dem „dotterzellenartigen Syncytium“ ab und nicht von den „morphogenetischen Zellen der drei embryobildenden Keimblätter“. Aus der Entwicklungsgeschichte der Speicheldrüse folgert Verf., daß die Aufgabe der Mycetomanlage es sei, einen Teil der Symbionten in die Speicheldrüse gelangen zu lassen; diese Symbionten ihrerseits dienen wohl dazu, Enzyme zur Spaltung von Zellulose, Hemizellulose, Stärke und Eiweiß zu liefern. Verf. hält die Symbionten für Sproßkonidien der Exoascales und glaubt die Annahme mit der Feststellung stützen zu können, daß die Exoascales ähnliche Mißbildungen an Pflanzen hervorrufen wie die Aphididen. Viruskrankheiten werden von den Blattläusen nicht nur verbreitet, sondern — wie Verf. annimmt — auch von ihnen hervorgerufen, und zwar mit Hilfe des Speichels und ohne vorherige Entnahme des Virusstoffes aus kranken Pflanzenteilen.

Küster.

**Aus dem Phytopathologischen Laboratorium
Willie Commelin Scholten Baarn.**

Directrice: Prof. Dr. Joh. Westerdijk.

Root-rot of *Viola tricolor maxima* Hort.

By

Th. van Eek.

With 7 figures, 11 photos and 3 plates.

Contents: Chapter 1: Introduction and symptoms of Disease. — Chapter 2: Literature. — Chapter 3: Material and Methods. General discussion on parasitism. Isolation of fungi. The disinfecting of the seed. — Chapter 4: Experiments of Infection: 1. Infection-tests in pure culture: a) First preliminary test; b) Second preliminary test. 2. Pot-experiments with seedlings. 3. Completing infection-tests. 4. Pot-experiments with older plants. — Chapter 5: Parasitical Fungi. — Chapter 6: Analysis of some parasitical phenomena: 1. Toxic substances. 2. Metabolic products of Fungi noxious to the plants. 3. Influence of the developing-stage of the fungus on the virulence. 4. Antagonism. — Some conclusions in connection with practice. — Summary. — Literature-list.

Chapter 1.

Introduction and symptoms of Disease.

In practice the growing of pansies presents many difficulties. The pansy is generally sown in summer — end of July or the beginning of August — and preferably in leaf-mould (humus). When the seedlings have reached a certain size, they are planted out, generally in humus again at greater intervals for the sake of a better development.

In practice it often occurs that it is not the size but the damping-off of the seedlings which makes the grower attentive to the fact that it is time for him to plant out the seedlings. For if he were to wait a little longer then, there is a great chance that the rest will also be attacked and will damp off as well. Especially in damp weather this process may be very short.

The wilting as a consequence of the rotting of the root-neck is not the only symptom for it may also occur that the little plants remain small and become chlorotic. When planting out these seedlings it appears that the rootlet is brown and has rotted off to a short, little stump. In this way a lot may perish.

But not only the seedlings, the older plants too often suffer from diseases. The symptoms which we notice then, can vary a great deal.

Most striking are the discolourations of the leaf which first show themselves on the lower (oldest) leaves. In the case of a stronger attack this discolouration may extend to the whole plant. Generally the leaves become yellow, with or without purple-brown edges and nerves, whilst often the whole plant also takes this colour.

Besides the occurrence of leaf discolourations the growth is also more or less inhibited. In a very strong attack the growth stops altogether and then it often depends on the weather, whether the plant will



Photo 1.

Picture of the disease which often occurs in practice.

Left: The healthy plant. Right: The diseased plant.

rot immediately or not. If the attack is not so strong, the newly-formed leaves will remain small and narrow and the petioles short, whilst on the other hand the stems may become rather long, so that a long slender plantlet is the result. Such a little plant is the more striking because no new growing-points develop at the stem-base, which is generally the case with a healthy plant.

It also often occurs that the plant wilts. This wilting may be very strong, so that the plant begins to droop altogether and dies.

All these symptoms of disease (leaf-discolouration, inhibition of growth and wilting) may appear separately as well as combined. If one examines the root-system of these diseased plants, it appears, that in most cases it has partly or wholly rotted off, while the remaining part may have become more or less brown in colour and in some places even red or black.

So we are justified in accepting that the above-mentioned symptoms of disease are caused by root-rot.

We now come to the question, what is the cause of this root-rot? When examining the diseased roots under the microscope, we shall notice fruiting-bodies of various fungi as oogonia in the tissue which points to the presence of *Phycomyces* and also Chlamydospores of *Fusaria* and of *Thielavia basicola*.

This does not include however that these fungi always cause root-rot. They sometimes grow inside the roots without causing any visible damage and they may also have developed inside the roots, after the latter had already been attacked.

The purpose of these investigations is to find out whether organisms under varying circumstances are capable of causing root-rot of the pansy and if so, which organisms these may be, as also which symptoms of disease of the parts above the ground will then become apparent. Besides an attempt has been made to give an analysis of some parasitic symptoms.

Chapter 2.

Literature.

Literature is of little avail here.

So I can be brief in my discussion of it, seeing that the greater part only mentions, that some fungus or other has been found in the roots of diseased pansies or has been isolated from diseased roots of pansies, whilst only in a special case infection-tests have been made. In 1892 Roland Thaxter describes the occurrence of *Thielavia basicola* (B. et. Br.) Zopf in diseased roots of violets. The symptoms were a yellow discolouration of the plant and the occurrence of dark spots in and on the roots as a consequence of accumulations of chlamydospores of *Thielavia basicola*. No infection-experiments were made.

Donald Reddick describes the same disease in 1913. The plants attacked become yellow, the leaves remaining small and crinkled. The roots show black spots caused by accumulations of chlamydospores which may be found on and inside the roots. Inside the roots they may be formed anywhere. Experiments of infection with spore-emulsions only were successful under very moist conditions, which corresponds with the attacking of tobacco by the same fungus. As a means of combatting this disease Reddick mentions: a disinfection of the soil with formaldehyde.

In 1910 Wolf in Lincoln (Nebraska) described a disease of the pansy, characterised by a sudden death of the plant, the stem-base showing dark sunken spots and the root-system having generally rotted off for the greater part.

Infection-tests made it clear that a *Fusarium*, isolated from the diseased plants, was able to cause the disease. This *Fusarium* has been called *Fusarium Violae* by him and according to Wollenweber and Reinking (1935) it agrees with *Fusarium oxysporum* var. *aurantiacum*.

In 1926 an article by Solberg appeared in which she mentions a root-rot of *Viola tricolor* which in her opinion is to be ascribed to one or more Phycomycetes. In the roots she happened to find three forms of oospores, one of the *Pythium de Baryanum*-Type, one of the *Pythium hydnosporum*-Type (the oogonium namely has long spines) and one, the diameter of which is not bigger than 10 μ . Besides these fungi having not yet been identified with certainty, it has neither been proved yet by infection tests whether these fungi are capable of causing root-rot.

Meurs (1928) made experiments of infection with a phycomycete which had been isolated from violet-roots by Buisman and which according to Meurs, must belong to a physiological strain of *Aphanomyces euteiches* Drechsler.

After first having germinated in moist sand and then grown in sterilised soil, one plant of *Viola tricolor* and three plants of *Viola cornuta* were put in culturing pots on a nutrient-solution and infected. After a month Meurs noticed a strong infection. The leaves were yellow in colour starting from the edges. Very soon a purplish, bronze discolouration followed; after a month the plants had quite wilted. The roots were coloured yellow also and had not developed. From these roots the fungus was isolated again.

Many other publications were issued besides those mentioned, but they only state the fact, that some fungus or other has been found in diseased roots of pansies, as *Rhizoctonia crocorum* (Pers.) DC. by Esmarch (1927). *Rhizoctonia bataticola* (= *Macrophomia phaseoli* [Maubl.]) Ashby by McRae.

Salmon and Ware give a description of a neck-rot of pansies caused by *Phytophthora* spec. and Drechsler too mentions a root-rot of pansies caused by an *Aphanomyces euteiches* Drechsler. This *Aphanomyces* is not identical with the form described by Meurs.

Flachs (1931) yet mentions *Sclerotinia sclerotiorum* Sacc. et Trott. and *Pythium de Baryanum* Hesse as fungi which attack the seedlings of the pansy; *Rhizoctonia solani* Kühn, *Cladochytrium violae* Berl and *Bacillus carotovorus* Jones as root-parasites of the violet in general.

Also *Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc., *Fusarium culmorum* (W. Sm.) Sacc., *Fusarium oxysporum* var. *aurantiacum* (Link) Wr. and *Fusarium solani*

(Mart.) App. et Wr. have been pointed out as parasites of *Viola tricolor* by Wollenweber and Reinking.

So we may assume, that root-rot may be caused by various organisms.

Chapter 3.

Material and Methods.

A. General discussion on Parasitism.

These investigations have also proved that in the case of root-rot of pansies we are concerned with parasitism.

The terminology about the current conceptions on parasitism as drawn up by the Commission for Phytopathology of the Netherlands Botanical Society and proposed by Wilbrink at the sixth International Bot. Congress in Amsterdam (1936) has not yet been fully worked out and neither been officially acknowledged. For this reason I have stuck to the terminology of Fischer and G ä u m a n n. Briefly it comes to the following notions:

A parasitical relation is determined by three conditions.

1. The first condition is, that the plant is sensitive to the disease, that is to say, that it possesses properties which make the attack possible. This sensibility is based on the geno-type (the so-called predisposition) as well as on the phaenotype of the plant; in the latter case we speak of disposition.

The slighter the sensibility, the greater the resistance.

2. The second condition is, that the parasite must have properties which enable it to attack the plant in question, to grow inside it and to maintain itself at the expense of the plant. This is the so-called aggressivity of the parasite, which means the capacity of attacking, independent of the resistance of the plant.

The virulence is the capacity of parasitising a certain host and it is determined by the parasitical activity. So on the one hand it is dependent on the properties of the parasite, but on the other hand also on the sensibility of the host.

Fischer and G ä u m a n n now propose, that the virulence may be added to the resistance in order to obtain the aggressivity.

$$A = V + R.$$

3. The third condition is, that the circumstances and the time must be favourable for the bringing about of the above-mentioned parasitic relation.

So if the resistance of the host is small and the aggressivity of the parasite is great, the risk of infection will be great under all kinds of circumstances.

But the greater the resistance and the smaller the aggressivity, the closer the bringing about of the parasitic relation will be subject to certain conditions.

So if in infection-tests we select our own conditions namely then, when the resistance of the plant is slight and the aggressivity of the parasite great, we shall have a chance of finding many fungi, which are capable of attacking the plant.

And if then we shall make infection-tests under more natural conditions, conditions which are favourable to the plant and often less favourable to the fungus, we shall exclude the attack by the weaker parasites. The difficulty remains however, that we have the factors not altogether in hand and these factors as light, temperature, moisture, chemical-physiological and biological composition of the soil, have influence on the resistance of the host as well as on the aggressivity of the parasite. And the further the optima of resistance and aggressivity are removed from each other, the greater the influence of the factors will be on the attack. On account of this the results in the different experiments will vary. But it is this variance which will after all give us an accurate idea of the parasitic relation and so it is of the utmost importance to follow the conditions as accurately as possible.

In the following investigation we have started from the above-mentioned discussion.

B. Isolation of Fungi.

The first thing I had to do was to examine diseased roots of pansies on a large scale and to try to isolate fungi, from which by infectiontests I should be able to extract the principal originators of root-rot. For this purpose bits of diseased root were laid out in Petri-dishes on 2% agar without addition of mineral salts or of cherry-agar. In order to restrict the fungi to those growing inside the roots, the bits of root before the laying out were soaked for a shorter or a longer time in a solution of 4% formalin and rinsed in a Petri-dish with sterile water. From the seed used fungi were isolated too in the same way with the difference however that instead of 4% formalin a solution of 0.8% cerasan was used to eliminate fungi growing superficially.

In this way the following fungi were obtained.

From root: 1. *Pythium de Baryanum* Hesse em. de Bary (= according to Drechsler *Pythium ultimum* Trow); 2. *Pythium intermedium* de Bary (x); 3. *Pythium afertile* Kanouse et Humphrey; 4. *Pythium aphanidermatum* Fitz. (x); 5. *Pythium echinulatum* Matthews (x); 6. *Pythium perniciosum* Serbinow; 7. *Pythium* spec. A.; 8. *Pythium* spec. B.; 9. *Brevilegnia macrospora* nov. spec.; 10. *Brevilegnia gracilis* nov. spec.; 11. *Fusarium culmorum* (W. Sm.) Sacc.; 12. *Fusarium solani* (Mart.) App. et Wr. var. Martii; 13. *Fusarium solani* var. minus Wr.; 14. *Fusarium oxysporum* Wr. I; 15. *Fusarium oxysporum* Wr. II; 16. *Fusarium oxysporum* Wr. III; 17. *Fusarium oxysporum* Wr. IV; 18. *Fusarium bulbigenum* Cke. et Mass.; 19. *Fusarium equiseti* (Cda)

Sacc.; 20. *Fusarium scirpi* Lamb. et Fautr.; 21. *Fusarium scirpi filiferum* (Preuss) Wr.; 22. *Cylindrocarpon radicicola* Wr.; 23. *Cylindrocarpon didymum* (Harting) Wr.; 24. *Cylindrocarpon obtusisporum* (Cke. et Hark.) Wr.; 25. *Septomyxa affinis* (Sherb.) Wr.; 26. *Phoma* spec.; 27. *Chaetomium crispatum* Fuck.; 28. *Chaetomium globosum* Kunze; 29. *Chaetomium elatum* Kunze et Schmidt; 30. *Coniothyrium* spec.; 31. *Colletotrichum* spec.; 32. *Macrosporium* spec.; 33. *Alternaria tenuis* Nees; 34. *Thielavia basicola* Zopf; 35. *Cephalosporium acremonium* Cda.; 36. *Stemphylium* spec.; 37. *Verticillium glaucum* Bon; 38. *Rhizoctonia solani* Kühn (x); 39. *Arachniotus trisporus* Hotson (x); 40. *Trichosporium murinum* Ditm.; 41. *Trichoderma lignorum* (Tode) Harz; 42. *Aspergillus fumigatus* Fres.; 43. *Penicillium wortmanni* Klöcker; 44. *Penicillium luteum* Zukal (x); 45. *Papulaspora immersa* Hotson (x).

From seed: 1. *Fusarium culmorum* (W. Sm.) Sacc.; 2. *Fusarium oxysporum* Wr.; 3. *Chaetomium globosum* Kunze; 4. *Stemphylium* spec.; 5. *Botrytis cinerea* Pers.; 6. *Epicoccum* spec.

A little cross (x) indicates that the fungus was not isolated until some time afterwards, so that it has not been included in the first experiments.

The fungi which only formed a sterile mycelium on cherry, malt and oats and which besides caused slight or no attack at all in the first experiments, have been left out and have been indicated in the tables by a figure.

Various investigators (Buisman and Meurs) had found out in their experiments, that Phycomycetes should be isolated from the roots without a previous treatment with formalin, seeing that the fungus was killed by this. That this is not always the case, appears from the fact, that all Phycomycetes isolated by me were obtained in this way. Whether such experiments are successful or not, depends probably on the rapidity with which the formalin penetrates the root in question.

Disinfection of the Seed.

In order to prevent that organisms, found in the seeds would make it impossible to get a clear idea of the infection, it was desirable to disinfect the seed.

When seed namely is put into Petri-dishes on 2% agar, we shall notice, that after a certain time fungi will have developed in the agar from a number of seeds. These seeds may be disinfected by keeping them for some time in a disinfecting solution.

What I had to do now was to find out how long I had to apply a treatment with a special concentration in order to fully disinfect the seed, without the germination being damaged by this.

1. In the first experiment the seed was therefore treated with $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{6}$ % cerasan for 30 and 45 minutes and laid out in Petri-dishes on 2% agar (see table 1).

Table 1.

Number per 25 seeds, which after a treatment
with various concentrations of a ceresan-solution for 30 and 45 minutes,
turned out not to have been disinfected.

	4th day	6th day	8th day	11th day	13th day
$\frac{1}{4}\%$ ceresan 30' . . .	—	—	1	2	2
45' . . .	—	—	—	—	—
$\frac{1}{5}\%$ ceresan 30' . . .	—	—	1	3	3
45' . . .	—	—	—	—	—
$\frac{1}{6}\%$ ceresan 30' . . .	1	1	1	4	4
45' . . .	1	2	5	5	5

By a treatment with $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}\%$ ceresan-solution for 30 minutes the seeds had not been fully disinfected. By a treatment with $\frac{1}{4}$ and $\frac{1}{5}\%$ ceresan-solution for 45 minutes the seeds had been fully disinfected however.

In order to find out in which concentration of ceresan (applied for 45 minutes) the germination diminished, I had first to find out whether the germination of the material with which I started, was right. It appeared that only 70% germinated. The germination of the seeds sinking in water, was much greater however namely 97%. The following experiment was taken with this material.

2. Again and again 50 seeds were treated with different concentrations of ceresan for 45 minutes and put into Petri-dishes with 2% agar to germinate. Table 2 mentions the results.

From this it appears that the germination has decreased after disinfection with $\frac{1}{2}\%$ ceresan, applied for 45 minutes. With lower concentrations no influence was noticeable.

If the results obtained are combined, we shall get a series of concentrations (namely between $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{5}\%$) which are very suitable for the disinfection of pansy-seeds, to be applied for 45 minutes. A weaker concentration may bring about infection and a stronger concentration a decrease of germination.

Table 2.

Influence of disinfection on the germination.

	Number of germinated seeds after				
	4 days	6 days	7 days	9 days	11 days
$\frac{1}{7}\%$ ceresan 45' . . .	32	43	45	49	50
$\frac{1}{6}\%$ ceresan 45' . . .	36	43	44	48	49
$\frac{1}{5}\%$ ceresan 45' . . .	39	45	49	49	50
$\frac{1}{4}\%$ ceresan 45' . . .	36	42	45	47	48
$\frac{1}{3}\%$ ceresan 45' . . .	41	46	46	48	48
$\frac{1}{2}\%$ ceresan 45' . . .	25	35	39	40	44

Chapter 4.

Infection-Tests.

As has been explained already in the introduction an attempt has been made to choose the conditions in the first experiments in such a way that by the greater sensibility of the plant on the one hand and by the greater aggressivity of the fungus on the other hand the chances of infection should be enlarged.

Seeing that the optimal conditions of the various fungi differ and are unknown at that, we had to take into account the rules generally acknowledged.

1. *Temperature.* It has become clear especially by the investigations of L. R. Jones c. s. that the temperature under special conditions may have a dominating influence on the virulence. But because the tests were made in a green-house in which temperatures of 10 to 35 degrees could be reached pretty regularly, it was possible to prevent that parasites were eliminated because the temperature would have been too high or too low for the attack.

2. *Moisture.* It may be accepted that in most cases the chances of infection would increase when the moisture increased too. By working with a nutrient-solution in tubes shut off with a plug of cottonwool, this condition was fulfilled.

3. *Chemical composition of the nutrient-solution.* One of the very important factors for the bringing about of the attack is also the chemical composition of the soil.

In this connection the investigations of Vasudeva (1930) are very convincing, who has proved that *Botrytis cinerea* is only capable of attacking apples, if a suitable N-source is present; in the same way the aggressivity of *Sclerotinia fructigena* increases by the addition of a nitrogen-combination.

Chona (1932) notices the same for *Fusarium coeruleum*. Though these investigations are not connected with root-rot, they demonstrate how much the virulence may depend on the nutritive source.

As to the investigations on root-rot, we have the following particulars.

Vanterpool (1935) found that the attack of wheat by *Pythium arrhenomanes* Drechsler var. *canadensis* Vanterpool and Truscott largely depends on the nitrogen-phosphor-relation in the soil. The greater the amount of N and the less soluble the phosphor, the stronger the attack will be.

Bunschoten (1933) worked with *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) Masee and found, that with saccharose as C-source, the virulence was stronger with NH_4 as N-source than with NO_3 and with NO_3 stronger again than with organic N-compounds. Weakest was the attack from fungi growing on peptone.

As to the influence of the C-source the virulence became weak on cellulose and gummi-arabicum.

In the first experiments the solution of Knop with filter-paper¹⁾ was chosen as a nutrient solution. It appeared that the pansy as well as the fungi would grow well on it. As many fungi proved to be strongly virulent under the above-mentioned conditions it was necessary to work also with another nutrient solution.

4. *Influence of other micro-organisms.* We must also reckon with the influence which other micro-organisms may have on the attack. It has namely been proved that the degree of attacking caused by a fungus in pure culture, may largely differ from the attack by the same fungus under the same conditions but in combination with one or more micro-organisms.

When the attack by a fungus is increased by the absence of another organism we speak of synergism, in the opposite case of antagonism.

For this reason, it has often been thought that an infection in pure culture does not give a distinct picture of the attack in practice. Contradictory to this we find however, that the attacks generally do occur in practice when by coincidence the conditions for the development of a certain parasite become very favourable, whereby the influence of other organisms then recedes.

If we accept, as has often been proved, that the antagonistic action of organisms is founded on the retarding activity of the metabolic products of these organisms on the development of the parasite, we can well imagine, that for instance by heavy rains these antagonistically working substances can be washed away, which will enable the parasite to develop once again. So it was not only to exclude the activity of incidentally occurring parasites that the first tests were made in pure culture, but also to prevent that other micro-organisms present might have influence to the attack of the fungus to be tested.

Besides the fungi isolated from diseased roots and seed, also some fungi were tested that are known in literature as root-parasites of the pansy. The following strains, obtained from the Central Bureau for Fungus-cultures (Baarn) were chosen for this purpose: *Pythium de Baryanum* Hesse of *Ricinus communis*, *Aphanomyces euteiches* Drechsler P. F. 2 Meurs, *Rhizoctonia solani* Kühn *graminis* Bunschoten, *Thielaviopsis basicola*²⁾ (B. et. Br.) *ferraris* strain Tiddens, *Thielavia basicola* (B. et. Br.) Zopf strain Johnson and *Thielavia basicola* (B. et. Br.) strain Gilbert.

I. Infection-tests in pure culture.

Experiment 1. Preliminary infection-test.

The first infection-tests were made in test-tubes in which 10 c. c. of nutrient-solution was put in each tube and in which also a piece of filter-paper was inserted, in such a fashion that the two ends stuck into the

¹⁾ see page 227.

²⁾ This same fungus is mentioned under various other names by several investigators.

nutrient-solution. On this filter-paper the seeds (3 per test-tube) were left to germinate. A piece of 2% agar of about 1/2 c.m.² surface in which the fungus had grown, was inoculated then for infection. The special advantage of this method¹⁾ is, that we can find out by it with almost perfect certainty whether the fungus does little or no harm at all.

Evaluation. It is often extremely difficult to determine the degree of attacking and formulate it in figures because the symptoms of the disease which reflect the degree of attacking, can be very complicated.

The following method was applied in the preliminary tests: All the tubes of one series were mixed and arranged in eleven sets in such a way that the tubes with the same degree of attacking were placed in one and the same set. To the tubes of the group in which the plants were quite healthy, were given the number 10; to the tubes in which the plants had quite rotted, the number 0 was given.

It was not necessary to determine the attack of each plant separately as this was the same in one and the same tube.

As 4 tubes were regularly inoculated with one and the same fungus, each fungus in this way obtained 4 figures, so the average of these figures represents the state of health of the plants in the set that has been inoculated with the fungus in question.

When the 4 numbers of a fungus-series mutually differed more than 3 points, which means that the attack by the fungus in question in the tubes was irregular, this has been indicated in the table with the word "irregular".

Table 3.

First infection-test in sterile tubes with Knop and filter-paper.

	State of health	Number of germinated seeds	Remarks
1st series Nov. 5th.			
Control	10	10	from the C. B. S. see page 7
Aphanomyces eut. P. F. 2	8	10	
Pyth. de Baryanum	0	10	
Thielavia basicola strain Johnson	10	11	
Thielavia basicola strain Gilbert	9	10	
Thielaviopsis basicola	8	9	
Rhizoctonia solani	0	10	
Fus. culmorum	0	11	
Fus. solani	13/4	11	
Macrosporium spec.	5	7	
Chaetomium elatum	23/4	11	
Phoma spec.	0	9	
Trichoderma lignorum	23/4	7	
Penicillium Wortmanni	1/2	11	

¹⁾ Mr. van Luyk was the first to apply this method with success.

	State of health	Number of germinated seeds	Remarks
2nd series Nov. 13 th.			
Control	9 ¹ / ₂	11	irregular
Fus. bulbigenum	2 ¹ / ₂	12	
Cyl. didymum	0	10	
Cyl. radicicola	1 ¹ / ₄	8	
Thielavia basicola	4 ¹ / ₄	9	
Cephalosporium acremonium	2	12	
Coniothyrium spec.	1 ¹ / ₄	8	
Chaetomium globosum	1 ¹ / ₂	11	
Aspergillus fumigatus	1 ³ / ₄	10	
Myc. ster. 51	0	10	
3rd series Nov. 27 th.			
Control	9 ¹ / ₄	11	one healthy one healthy
Pyth. de Baryanum	0	19	
Pyth. perniciosum	0	18	
Pyth. spec. A	1 ¹ / ₄	10	
Fus. oxysporum I	1 ³ / ₄	11	
Fus. oxysporum II	1 ³ / ₄	10	
Fus. oxysporum III	3 ¹ / ₄	9	
Fus. oxysporum IV	1 ³ / ₄	11	
Fus. scirpi filiferum	1 ³ / ₄	10	
Fus. solani minus	1 ¹ / ₂	11	
Fus. scirpi	3 ³ / ₄	9	irregular
Cyl. obtusisporum	1 ¹ / ₂	9	
Septomyxa affinis	1 ¹ / ₄	8	
Botrytis cinerea	0	10	
Epicoccum spec.	0	—	
Alternaria tenuis	1 ¹ / ₂	9	
Myc. St. 64	1 ¹ / ₂	—	
			On account of a thick growth of mycelium no- thing can be said of germi- nation.

In table 3 the results of the first preliminary-test have been put down. From this we see that a very great number of fungi attack the pansy more or less vehemently under the conditions mentioned above. The number was so great that I decided to go on working only with those species which in this test had proved to be strongly virulent and which in accordance with the above-mentioned estimation gave rise to a state of health of the value 3 or less.

Experiment 2. 2nd Preliminary infection-test.

In this experiment by the side of the series already described of the previous test a similar series was made ready for testing, but instead of the nutrient-solution of Knop, sifted garden-mould was used.

The number of plants that perished from rotting during the experiments has been put down in the table under the heading "seedlings damping off." From the results of this experiment, as given in table 4,

Table 4.

Second infection-test in sterile tubes.

a) With Knop and filter-paper. b) With soil.

		State of health	Deve- lopment from 12 seeds	Number of seedlings damping off	Remarks
Control	a	8 $\frac{1}{2}$	11	0	} great difference
	b	9	9	0	
Aphanomyces eut P.F.2.	a	3 $\frac{3}{4}$	10	5	
	b	10	9	0	
Pyth. spec. A.	a	0	0	—	} great difference
	b	0	0	—	
Pyth. de Baryanum C.B.S. ¹⁾	a	0	0	—	
	b	0	0	—	
Pyth. perniciosum	a	0	0	—	} great difference
	b	0	0	—	
Pyth. de Baryanum	a	0	0	—	
	b	0	0	—	
Fus. scirpi filiferum	a	1 $\frac{1}{3}$	10	10	} great difference
	b	8 $\frac{1}{4}$	10	3	
Fus. scirpi	a	1	11	11	
	b	6	4	1	
Fus. oxysporum II	a	1 $\frac{1}{4}$	12	12	one healthy
	b	2 $\frac{1}{4}$	5	4	
Fus. solani	a	1 $\frac{1}{2}$	8	8	
	b	0	0	—	
Fus. solani minus	a	1 $\frac{1}{2}$	11	11	one healthy
	b	2 $\frac{1}{4}$	3	2	
Fus. oxysporum I	a	1 $\frac{1}{2}$	11	11	
	b	2	1	0	
Fus. bulbigenum	a	0	9	9	one healthy
	b	1 $\frac{3}{4}$	4	3	
Fus. oxysporum IV	a	0	10	10	
	b	2 $\frac{1}{4}$	1	0	
Fus. oxysporum III.	a	1 $\frac{1}{4}$	11	11	one healthy
	b	2	1	0	
Fus. culmorum	a	0	10	10	
	b	1 $\frac{1}{2}$	1	0	
Cyl. radicicola	a	3 $\frac{3}{4}$	11	11	one healthy
	b	3 $\frac{3}{4}$	7	4	
Cyl. didymum	a	1	11	11	
	b	5 $\frac{1}{2}$	7	4	
Cyl. obtusisporum	a	1	10	10	} great difference
	b	3 $\frac{3}{4}$	9	6	
Myc. st. 68	a	1 $\frac{1}{2}$	12	12	
	b	8 $\frac{1}{2}$	12	1	

¹⁾ see page 226.

	State of health	Deve- lopment from 12 seeds	Number of seedlings damping off	Remarks
<i>Alternaria tenuis</i> a	0	11	11	} great difference
b	$9\frac{3}{4}$	9	0	
<i>Chaetomium globosum</i> a	1	11	10	} great difference
b	7	9	3	
<i>Botrytis cinerea</i> a	0	0	—	
b	0	0	—	
<i>Myc. st. 64</i> a	0	0	—	
b	0	0	—	
<i>Phoma spec.</i> a	0	0	—	
b	0	0	—	
<i>Coniothyrium spec.</i> a	0	10	10	
b	$3\frac{3}{4}$	5	3	
<i>Rhizoctonia solani</i> C. B. S. . . . a	0	10	10	
b	0	0	—	
<i>Septomyxa affinis</i> a	0	10	10	
b	$4\frac{1}{2}$	7	2	
<i>Thielaviopsis basicola</i> C. B. S. . . a	7	8	2	
b	3	6	4	
<i>Thielavia basicola</i> a	$1\frac{1}{4}$	7	1	
b	1	5	2	
<i>Penicillium Wortmanni</i> a	$\frac{1}{2}$	9	9	} great difference
b	8	7	0	
<i>Chaetomium elatum</i> a	$\frac{1}{2}$	10	10	} great difference
b	9	6	0	

we can see that the infection in the Knop-series was again very strong, even stronger than in the preceding experiment. This is probably a consequence of the fact, that the temperature on an average during this experiment was much higher. With certain fungi the difference in virulence between the Knop- and the soil-series was markedly great.

This difference may have various causes.

1. The development of the fungi in Knop with filter-paper may be better and on account of this the virulence greater too.

2. It may be possible that the degree of acidity has shifted to such a degree during the growth of the fungus, that the plant will no longer be able to grow in it.

We noticed indeed that the pH was very high in those cases in which the differences of the infection on Knop and on soil were strikingly great. Thus I found for the solution of *Chaetomium elatum* pH 8.8, of *Cephalosporium acremonium* pH 8.1, of *Myc. st. 68* pH 8.5, while the pH of the control-solution was 6.8.

3. There is still another possibility that the metabolic products which are formed in Knop with filter-paper, are noxious to the pansy whilst these substances are not formed or in a lesser degree in soil or become less active by being absorbed in it. The high pH then plays a secondary part. A similar thing has been found namely a. o. by Schaffnit and Lüdtké. The pH of the culture liquid of *Fusarium vasinfectum* Atk. and *Fusarium lycopersici* (Sacc.) Wr. during the first 5 weeks of development in Richards-solution rose from pH 4 to pH 7.41 and pH 7.84.

But the toxic action of the solution towards various plants did not decrease by neutralisation with citric acid or acetic acid.

As it was the intention however to investigate only those fungi which parasitise under more normal conditions, the fungi that were slightly or not virulent at all, were eliminated.

In order to test this method of selection the fungi *Myc. st. 68*, *Alternaria tenuis* and *Chaetomium globosum* were included as yet in the following experiment. Also *Thielavia basicola* and *Aphanomyces euteiches* P. F. 2, because they have been mentioned in literature as parasites of pansies.

2. Pot-experiments with seedlings.

a. *Choice of soil.* Wollenweber (1913) already mentions, that the occurrence of the so-called "cotton-wilt" depends on the species of soil. After him this phenomenon has been noticed and studied in various attacks by many investigators. Reinking in 1935 collects a great number of these investigations and adds his own observations as well, from which it appears, that the degree of attacking caused by species of the genus *Fusarium* in particular, may largely depend on the condition of the soil in which the infection takes place.

So it may be possible, that a fungus attacks very strongly in soil A whilst in soil B under similar conditions no infection occurs. In this connection it would be desirable, when making infection-tests with soil-fungi, to work with a number of soil-species simultaneously.

In the case of this rot of pansies I thought it would suffice to limit the tests to fertile leafmould, seeing that pansies were generally grown in this kind of soil.

b. *Choice of medium of the fungus, with which the inoculating took place.* As great care must be taken that while bringing the infection-material into the soil the chemical composition is not altered too much, which might influence the growth of the plant, I have used a culture of 2% agar for soil-infections in most cases.

As 100 c. c. 2% agar was divided over 5 Petri-dishes and 4 pots were inoculated with the contents of 1 Petri-dish, the average quantity per pot was 5 c. c.

For inoculations with the species of the genus *Fusarium* and *Cylindrocarpon* in the 2nd and the following pot-experiments rice-cultures were used, as many investigators among whom Brandes, Togashi, Feekes and others had obtained infections with rice-cultures with great success. Edson together with Shapovalov and Rathbun-Gravatt even lay great stress on the fact that the virulence of *Fusarium* is greater on rice than of *Fusarium* on various other media.

For this purpose 15 c. c. rice was boiled repeatedly with 30 c. c. water in Erlenmeyer-flasks of 200 c. c. On this rice the fungi were inoculated which in a average room-temperature wanted 10 to 18 days to grow all through the rice. For soil-infection the rice with fungi of one flask was divided over 4 pots (contents \pm 150 c. c.).

An exception was made for *Thielavia basicola*, seeing that this fungus would not grow on 2% agar. For this potato-agar was used as a medium,

Evaluation. The little plants were counted every day for two weeks, starting from the day of the first beginning of growth and after that every other day and in this way the growing and damping off was carefully noted for $1\frac{1}{2}$ month. After the $1\frac{1}{2}$ month the size of each little plant was measured separately. This was done by measuring the distance between the tips of the leaves, spreading most widely apart.

From the data obtained in this way the growth and the damping off were calculated in percents and also the collective and the average size.

Experiment 3. 1st Infection-test with seedlings.

In this test I worked with seed of *Viola tricolor maxima* var. Schneewittchen. Each infection-series consisted of 4 pots, two of which with sterilised and two with non-sterilised soil. In each pot 15 seeds were put to germinate.

The soil was infected by introducing the infection-material equally divided $1\frac{1}{2}$ cm under the surface before beginning to sow.

Thus the results were such that for each series 30 seeds germinated in infected, previously sterilised soil and 30 seeds in infected, non-sterilised soil.

The pots were bedded into peat-dust in the green-house to prevent a too rapid desiccating. Table 5 gives the results.

The determination of the average size is of little value for this test, as in the series in which only few plants were left, these plants had a much better development in pots during the course of more than $1\frac{1}{2}$ month than plants, which stood in one pot with a great many together. Besides the plants resisting the infection, may belong to the strongest specimen. In figure 1 the proportions of the germination-amounts have been represented schematically.

The growth of the seeds in the control-series was 70% in sterilised soil, in non-sterilised soil 80%, whilst of these respectively 17 and 7% damped off. But though the control can hardly be called satisfactory it was still a great deal better on the whole than most infected series and could be used quite well for comparing.

As appears from the table and especially from figure 1 the attack was very strong on the whole. Of the Phycomycetes the virulence of *Aphanomyces euteiches* P. F. 2 only was weak. It also appeared that in this test again the attack by the fungi *Myc. st. 68*, *Alternaria tenuis* and *Chaetomium globosum* was very slight (compare these results with those of the next experiment).

Table 5.

First infection-test in pots.

a) in sterilised soil. b) in non-sterilised soil.

		Germi- nation	Damping off	Collective Size	Average Size	Remarks
		%	%	cm	cm	
Control	a	70	17	54	3,4	
	b	80	7	88	4	
<i>Aphanomyces eut.</i> P. F. 2	a	60	7	48	3	
	b	40	20	22	3,7	
<i>Pyth. spec. A.</i>	a	17	7	17	5,7	
	b	37	13	21	3	
<i>Pyth. de Baryanum</i> C. B. S. . . .	a	3	3	—	—	
	b	13	3	11	3,8	
<i>Pyth. perniciosum</i>	a	0	0	—	—	
	b	27	—	25	3,1	
<i>Pyth. de Baryanum</i>	a	—	—	—	—	
	b	17	10	20	6,7	
<i>Fus. scirpi filiferum</i>	a	43	10	40	4	
	b	7	0	8	4	
<i>Fus. oxysporum</i> II	a	37	27	16	5,3	
	b	33	17	23	4,6	
<i>Fus. solani</i>	a	27	10	19	3,8	
	b	30	13	21	4,2	
<i>Fus. solani minus</i>	a	20	7	21	5,2	
	b	17	10	5	2,5	
<i>Fus. oxysporum</i> I	a	13	7	11	5,5	
	b	33	23	13	4,3	
<i>Fus. bulbigenum</i>	a	7	3	1,5	1,5	
	b	7	3	6	6	
<i>Fus. oxysporum</i> IV	a	0	—	—	—	
	b	37	3	26	2,6	

		Germination %	Damping off %	Collective Size cm	Average Size cm	Remarks
Fus. oxysporum III	a	0	—	—	—	
	b	27	10	27	5,4	
Fus. culmorum	a	0	—	—	—	
	b	3	—	6	6	
Cyl. radicicola	a	33	20	22	5,5	
	b	17	3	11	2,7	
Cyl. didymum	a	33	20	15	3,2	
	b	37	7	25	3,7	
Cyl. obtusisporum	a	30	20	12	4	
	b	47	13	36	3,8	
Alternaria tenuis	a	60	7	64	4	
	b	57	13	55	4,2	
Chaetomium globosum	a	53	10	78	6	
	b	80	13	77	3,8	
Botrytis cinerea	a	43	3	32	2,4	
	b	57	33	17	1,4	
Myc. ster. 68	a	33	13	35	6	
	b	30	7	35	5	
Phoma spec.	a	27	23	9	9	
	b	43	13	45	6	
Coniothyrium spec.	a	17	3	31	7	
	b	47	10	33	3	
Thielavia basicola	a	37	7	47	4	
	b	63	10	44	27	
Septomyxa affinis	a	13	13	—	—	
	b	20	10	10	3,3	



1 2 3 4 1 2 3 4

Photo 2.

Results after 5 weeks in sterilised (1—2) and non-sterilised soil (3—4).

above { Control-series (Left).
Series inoculated with *Cyl. obtusisporum* (Right).
below { Series inoculated with *Cyl. radicicola* (Left).
Series inoculated with *Cyl. didymum* (Right).

Experiment 4. 2nd Infection-test with seedlings.

In this test I used another variety of *Viola tricolor maxima* namely Rotkäppchen, the same with which I also worked in the preliminary-tests. Table 6 gives the results.

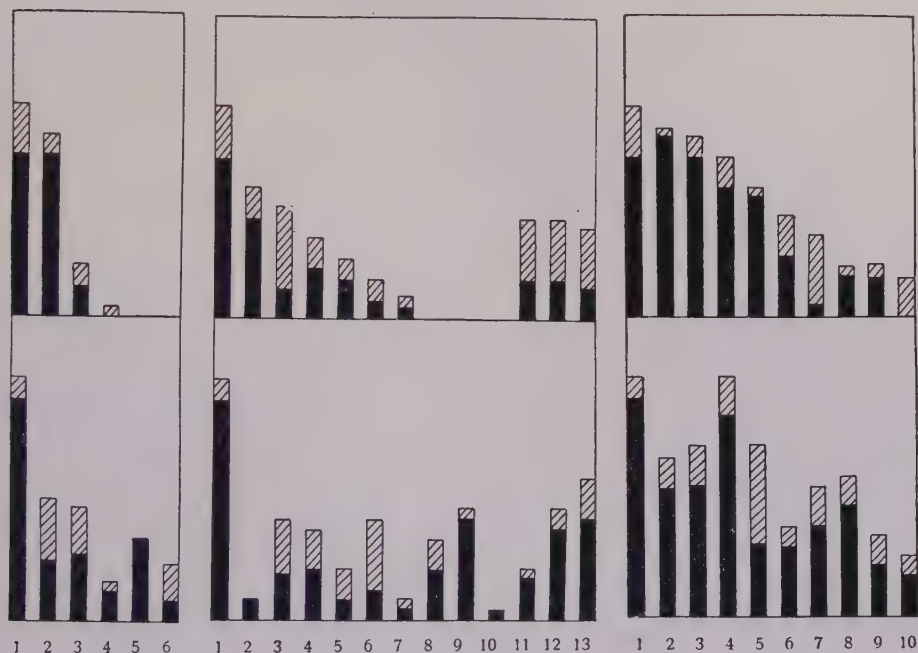


Figure 1.

Experiment 3. The columns together represent the proportions of the growth in the various series in sterilised soil (upper part), in non-sterilised soil (lower part). //// indicates the number of seedlings in this proportion, which damped off during the experiment, ■ indicates in this proportion the number of seedlings that did not damp off in the course of the experiment.

1. Control.
2. Aphanomyces eut. P.F. 2.
3. Pyth. spec. A.
4. Pyth. de Baryan. C.B.S.
5. Pyth. aphanidermatum.
6. Pyth. de Baryanum.

1. Control.
2. Fus. scirpi bulbigenum
3. Fus. oxysp. II.
4. Fus. solani.
5. Fus. solani minus.
6. Fus. oxysp. I.
7. Fus. bulbigenum
8. Fus. oxysp. III.
9. Fus. oxysp. IV.
10. Fus. culmorum.
11. Cyl. radicola.
12. Cyl. didymum.
13. Cyl. obtusisporum.

1. Control.
2. Myc. st. 68.
3. Alternaria tenuis.
4. Chaetomium globosum.
5. Botrytis cinerea.
6. Myc. st. 64.
7. Phoma spec.
8. Coniothyrium.
9. Rhiz. sol. Kühn C.B.S.
10. Septomyxa affinis.

Table 6.

2nd Infection-test in pots.

a) In sterilised soil. b) In non-sterilised soil.

		Germination	Damping off	Collective Size	Average Size
		%	%	cm	cm
Control	a	100	7	113,5	4
	b	100	13	59	2,3
Aphanomyces eut. P. F. 2 . .	a	90	3	94	3,8
	b	93	0	48	1,7
Pyth. spec. A.	a	20	0	20	3,4
	b	73	0	60	2,7
Pyth. perniciosum	a	7	3	1,5	1,5
	b	57	30	19	2,4
Pyth. de Baryanum	a	3	3	—	—
	b	100	13	41	1,6
Fus. solani	a	97	23	52	2,4
	b	97	3	59	2,2
Fus. bulbigenum	a	93	20	66	3
	b	27	10	18	3,6
Fus. oxysporum	a	90	7	56	2,2
	b	87	0	65	2,5
Fus. solani minus	a	90	43	18	1,3
	b	73	10	21	1,1
Fus. oxysporum I.	a	83	13	33	1,6
	b	63	3	35	2
Fus. scirpi filiferum	a	83	23	35	2
	b	90	0	38	1,3
Fus. culmorum	a	57	27	26	3
	b	90	23	51	2,5
Cyl. radicicola	a	60	0	15	1
	b	100	10	27	1
Cyl. didymum	a	37	27	3	1
	b	100	10	39	1,5
Botrytis cinerea	a	97	0	89	3,1
	b	93	7	51	2
Myc. st. 68	a	93	3	88	3,2
	b	100	0	87	2,9
Rhizoctonia solani C. B. S. . .	a	90	7	79	3,2
	b	100	10	55	2
Phoma	a	93	10	76	2,7
	b	100	10	54	1,8
Coniothyrium spec.	a	90	0	71	2,6
	b	90	23	43	2,1
Septomyxa affinis	a	100	68	29	3,6
	b	80	80	—	—

The proportions of the growth have also been given in figure 2. The control in this test was decidedly better than in the preceding one. In sterile as well as in non-sterile soil the growth was 100%, whilst in the course of the experiment respectively only 7 and 13% had damped off. However here too the plants in non-sterile soil did not look healthy. This improved growth may be the outcome of the greater germinative power of the seed of this variety, whilst also the time of the year (tempe-

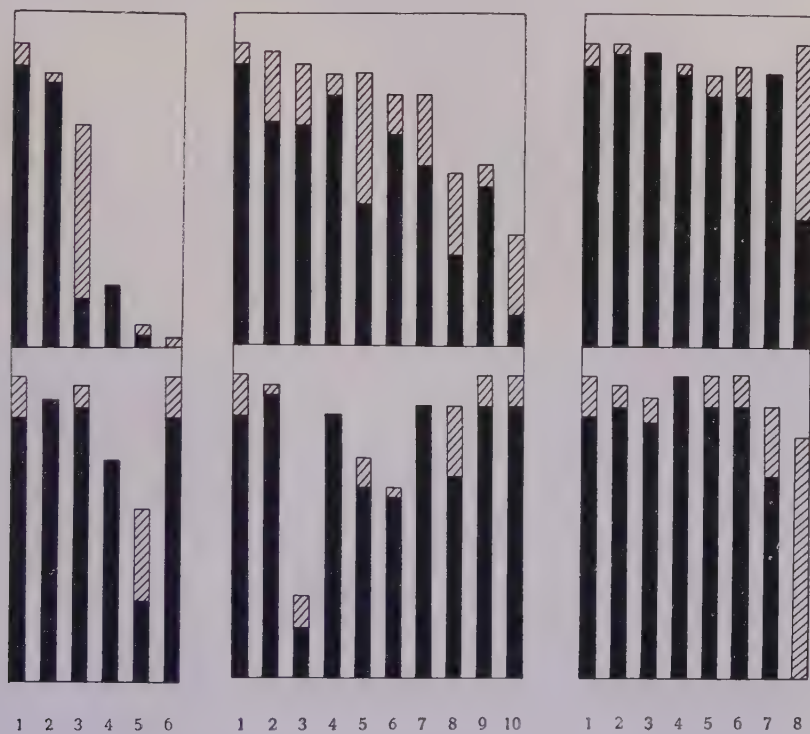


Figure 2.

Experiment 4. The columns together represent the proportions of the growth in the various series in sterilised soil (upper part), in non-sterilised soil (lower part).

/// indicates the number of seedlings in this proportion, which damped off during the experiment, ■ indicates in this proportion the number of seedlings that did not damp off in the course of the experiment.

1. Control.
2. *Aphanomyces* eut. P.F. 2.
3. *Pyth. de Baryanum* (C. B. S.)
4. *Pyth. spec. A.*
5. *Pyth. perniciosum*
6. *Pyth. de Baryanum*.

1. Control.
2. *Fus. solani*.
3. *Fus. bulbigenum*.
4. *Fus. oxysporum* I.
5. *Fus. solani* minus.
6. *Fus. oxysporum* I.
7. *Fus. scirpi filiferum*.
8. *Fus. culmorum*.
9. *Cyl. radiculicola*.
10. *Cyl. didymum*.

1. Control.
2. *Thielavia basicola*.
3. *Botrytis cinerea*.
4. *Myc. st. 68*.
5. *Rhizoctonia solani*.
6. *Phoma spec.*
7. *Coniothyrium spec.*
8. *Septomyxa affinis*.

perature and light) in which the experiment took place, was more favourable for the germination.

The attack caused by the Phycomycetes in sterile soil was on the whole similar to the one in the preceding experiment (compare fig. 1 and 2); here again *Aphanomyces euteiches* P. F. 2 played the least important part. The differences between the attack in sterile and non-sterile soil were very great.

Also in the series, that had been inoculated with species of the genus *Fusarium* and *Cylindrocarpon* the germination was remarkably better than in experiment 3. This may partly be due to the greater germinative power of the seed and the more favourable time of the year for the germination. But it has been proved by many investigators for instance by L. R. Jones c. s., that for *Fusarium* in particular the temperature-optimum of virulence is on the whole very high. So we might expect that the attack would be stronger in this experiment than in the preceding one, which was not the case however.

In the beginning I thought that the less strong attack was due to the greater resistance of the variety of pansy, but the results of the experiments that were made afterwards, proved that *Fusarium culmorum* f. i. is a strong parasite of this variety of pansy. And when later on it had also been proved that the developing-stage of the fungus may be determinative for the bringing about of the attack (page 149) I should like to point out the possibility, that this slighter virulence was a consequence of the fact, that the active period of several fungi in this experiment came off before the germination of the seed, so before the plant became sensitive.

It is true that in many series a strong inhibition of growth was found. This was particularly the case in the series infected with *Cylindrocarpon radicicola*, *Cylindrocarpon didymum* and *Fusarium solani minus*.

Other fungi. Of these only *Septomyxa affinis* was highly virulent in this series.

The infection of the other fungi on the whole was less successful. Not only the growth but the size of the little plants too differed little with those of the control plants.

Experiment 5. 3rd Infection-test with seedlings.

Each series was made twice as large as in the preceding pot-experiments and so did not consist of 4 but 8 pots. Five recently isolated Phycomycetes were included in this experiment.

Instead of garden-soil alone, a mixture of equal quantities of garden-soil and leaf-mould was used. The advantage of it was, that the soil did not cake so easily.

Table 7 gives the results.

Table 7.

3rd Infection-test in pots.

a) in sterilised soil. b) in non-sterilised soil.

		Germination	Damping off	Collective Size	Average Size
		%	%	mm	mm
Control	a	97	0	2260	40
	b	98	0	2224	38
<i>Brevilegnia</i> spec. I	a	81	38	717	27
	b	90	8	1328	27
<i>Pyth.</i> spec. A	a	68	25	764	28
	b	92	8	1411	29
<i>Pyth.</i> intermedium	a	48	3	931	36
	b	95	0	1563	28
<i>Pyth.</i> perniciosum	a	2	0	37	37
	b	58	10	831	30
<i>Pyth.</i> aphanidermatum	a	5	5	—	—
	b	82	13	1161	30
<i>Pyth.</i> de Baryanum	a	5	2	17	9
	b	93	22	1217	28
<i>Fus.</i> culmorum	a	90	2	1398	27
	b	95	2	1411	26
<i>Fus.</i> oxysporum IV	a	88	8	1304	25
	b	92	10	1068	23
<i>Fus.</i> oxysporum I	a	88	0	1223	23
	b	67	5	1026	28
<i>Fus.</i> solani minus	a	93	0	798	14
	b	97	2	802	14
<i>Fus.</i> solani	a	93	0	734	13
	b	87	3	841	16
<i>Fus.</i> scirpi	a	93	0	1252	22
	b	97	0	695	12
<i>Fus.</i> scirpi filiferum	a	95	0	1247	22
	b	93	3	568	11
<i>Fus.</i> equiseti	a	95	3	1119	20
	b	97	2	719	13
<i>Cyl.</i> radicola	a	98	0	1709	30
	b	97	7	2162	36
<i>Cyl.</i> didymum	a	93	0	1186	23
	b	98	0	1175	22

In this series we clearly saw the difference in attack of the Phycomycetes on the one hand and of the species of the genus *Fusarium* and *Cylindrocarpon* on the other hand.

With the Phycomycetes we notice either the total damping-off, or the plant will grow properly in the beginning and scarcely remain behind the control. The attack of these I have therefore been able to demonstrate best once again in a comparing of the growth (fig. 3).

With the *Fusaria* and the species of the genus *Cylindrocarpon* hardly anything has damped off but the growth of the plants was more or less strongly retarded. Fig. 4 gives the proportions of the total and the average size.

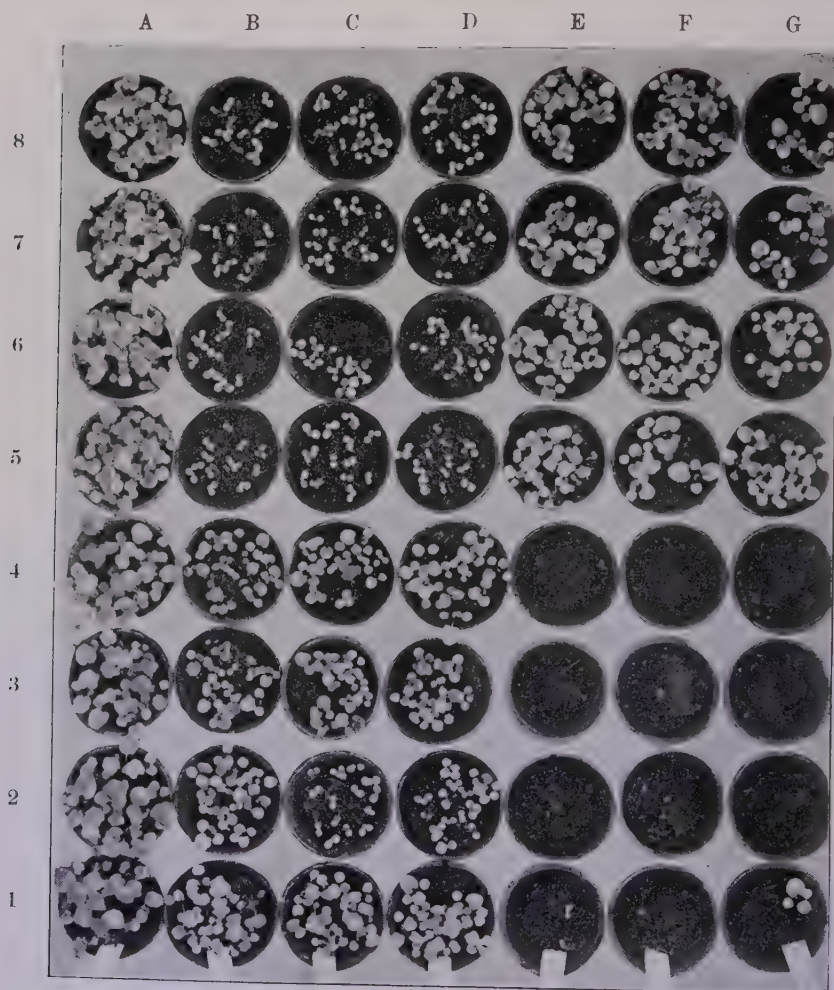


Photo 3.

Synergism (B—D) antagonism (E—G). Results after a month in sterilised (1—4) and non-sterilised soil (5—8).

A. Control-series. B—G. series inoculated with resp. *F. scirpi filiferum*, *F. scirpi*, *F. equiseti*, *Pyth. de Baryanum*, *Pyth. aphanidermatum* and *Brevilegnia gracilis*.

Fig. 3 and 4 and also photo 3 show that the control was excellent in sterile as well as in non-sterile soil. In sterile soil 97% germinated and in non-sterile soil 98% and no damping-off occurred during the experiment.

Of the recently isolated Phycomycetes *Pythium aphanidermatum* was strongly virulent, but *Pythium intermedium* and *Brevilegnia gracilis* also attack very strongly.

Pythium echinulatum and *Pythium afertile* have not been included in the table and in the figures as they do not cause any attack.

Figure 3.

Experiment 5. The columns together represent the proportions of the growth in the various series in sterilised soil (upper part), in non-sterilised soil (lower part),

//// indicates the number of seedlings in this proportion, which damped off during the experiment; ■ indicates in this proportion the number of seedlings that did not damp-off in the course of the experiment.

- | | |
|-----------------------|--------------------------|
| 1. Control. | 5. Pyth. de Baryanum. |
| 2. Brevilegnia. | 6. Pyth. aphanidermatum. |
| 3. Pyth. spec. A. | 7. Pyth. perniciosum. |
| 4. Pyth. intermedium. | |

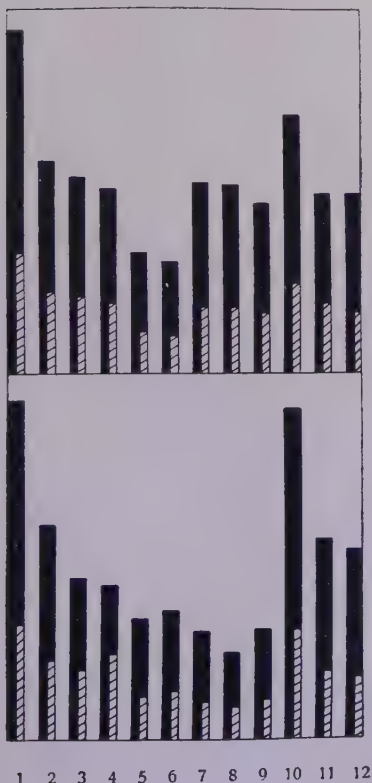
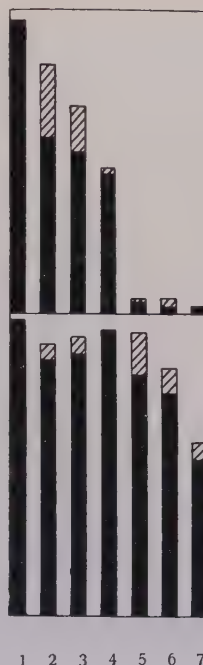


Figure 4.

Experiment 5. The columns together represent the proportions of the collective sizes of the seedlings in the various series.

The hatched columns represent the proportions of the different sizes of the seedlings in the various series.

- | | |
|-----------------------|---------------------------|
| 1. Control. | 7. Fus. scirpi. |
| 2. Fus. culmorum. | 8. Fus. scirpi filiferum. |
| 3. Fus. oxysp. IV. | 9. Fus. equiseti. |
| 4. Fus. oxysp. II. | 10. Cyl. radicola. |
| 5. Fus. solani minus. | 11. Cyl. obtusisporum. |
| 6. Fus. solani. | 12. Cyl. didymum. |

The development of the plants however was strongly retarded in the various series and a slight chlorosis occurred too. This was particularly the case with *Fusarium scirpi*, *Fusarium scirpi filiferum*, *Fusarium equiseti*, *Fusarium solani* and *Fusarium solani minus*.

In different series antagonism and synergism could also clearly be observed. Antagonism particularly with Phycomyces; synergism with *Fusarium scirpi*, *Fusarium scirpi filiferum* and *Fusarium equiseti* (see photo 3).

Experiment 6. 4th Infection-test with seedlings.

As in the third pot-test I only worked with Phycomyces, Fusaria and species of the genus *Cylindrocarpon*, another test was made with part of the remaining fungi, which in the preliminary tests and also in the first pot test proved to be strongly virulent. In this series I have also included *Macrophomina phaseoli* Ashby I, because *Macrophomina* too has been mentioned as a parasite in literature.

In a preliminary test the above-mentioned strain was more virulent than the strains *Macrophomina phaseoli* Ashby strain Derris and *Macrophomina phaseoli* Ashby strain 169.

As the sizes of the plants in the various series did not differ, the proportions of the germination and damping-off have only been represented in fig. 5.

In sterilised soil hardly anything damped-off and after 2½ months there was no difference to be seen between the infected series and the control. In non-sterile soil nearly all the little plants damped-off, also in the control-series. So in this soil a strong parasite must necessarily

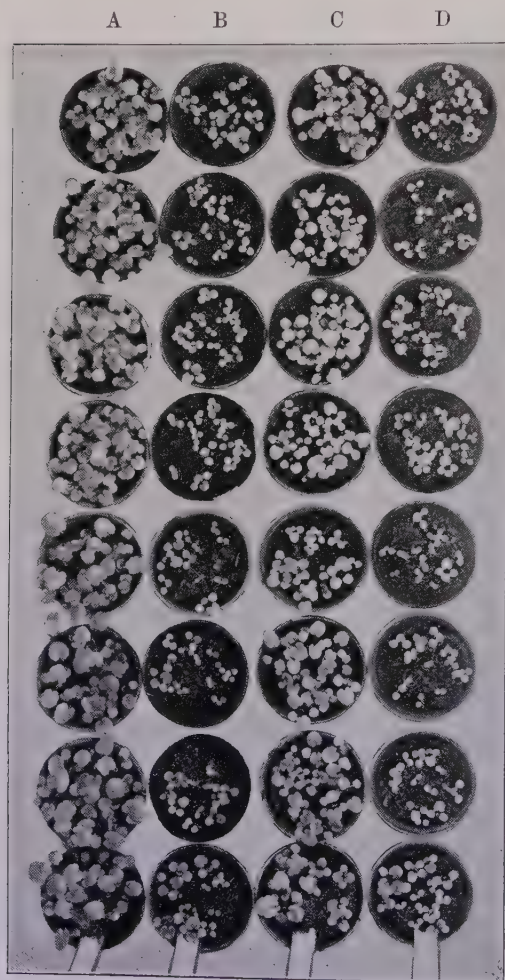


Photo 4.

No influence of microorganisms present in the soil on the attack. A. Control-series. B—D series inoculated with resp. *F. solani*, *F. culmorum* and *F. solani minus*.

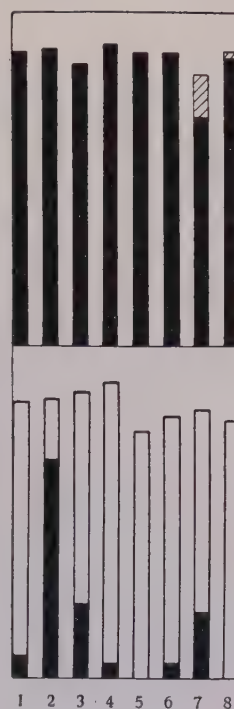
grow. It also was very striking here that when one plantlet became diseased, the rest of the little plants in that pot were also attacked soon afterwards. The symptoms of disease agreed in every respect with those caused by the attack of *Phycomycetes* in general. Besides chiefly *Phycomycetes* were isolated from the roots of these plants, whilst oospores could be noticed

Figure 5.

Experiment 6. The columns together represent the proportions of the germination in the different series in sterilised soil (upper part) and in non-sterilised soil (lower part).

//// states the number of seedlings in this proportion, that have damped-off during the test; ■ in this proportion states the number of seedlings that have not damped-off during the test. The part of the columns which in this proportion states the number of the plants, that damped-off in non-sterilised soil, has not been hatched, seeing that the infection in non-sterilised soil did not occur here by the fungus with which the series have been inoculated.

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Control. | 5. <i>Thielavia basicola</i> . |
| 2. <i>Septomyxa affinis</i> . | 6. <i>Chaetomium crispatum</i> . |
| 3. <i>Pyth. afertile</i> . | 7. <i>Rhizoctonia solani</i> . |
| 4. <i>Phoma spec.</i> | 8. <i>Macrophomina phaseoli</i> . |



in the roots with the help of a microscope. Only in the series, infected with *Septomyxa affinis*, the little plants in non-sterile soil had been spared. So probably *Septomyxa affinis* counteracts the attack of the parasite. On page 155 I will recur to this in detail.

3. Completing infection-tests with seedlings, to test the virulence of newly-isolated *Phycomycetes*.

Experiment 7. Preliminary infection-test.

A test in sterile tubes with the nutrient solution Knop, as described on page 226 yielded the following results: See table 8. The proportions of virulence are about the same as those in the two preceding pot-tests.

Table 8.
Completing test in sterile tubes.

	State of health	Number of germinated seeds
Control	10	11
<i>Pyth. afertile</i>	8	9
<i>Pyth. echinulatum</i>	6 ³ / ₄	9
<i>Brevilegnia macrospora</i>	2	12
<i>Pyth. spec. B</i>	1 ³ / ₄	12
<i>Pyth. intermedium</i>	0	9
<i>Brevilegnia gracilis</i>	0	—
<i>Pyth. aphanidermatum</i>	0	2

Experiment 8. *Infection-test with seedlings.*

In order to compare also the virulence in pots under the same conditions, another test was made without *Pythium afertile* and *Pythium echinulatum* however. (See table 9.)

The results are given in fig. 6 in the same way as in the preceding pot-tests.

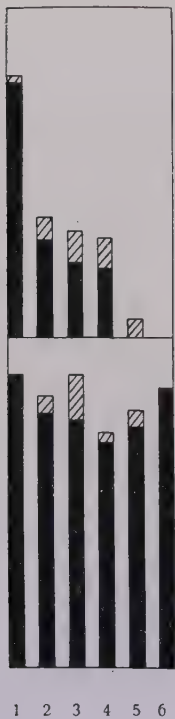


Table 9.
Completing pot-test.

	Germination of 60 seeds in sterile soil %	Germination of 60 seeds in non-sterile soil %
Control	88	98
Pyth. spec. B.	40	90
Brevilegnia macrospora	35	97
Pyth. intermedium	33	78
Brevilegnia gracilis	5	85
Pyth. aphanidermatum	0	93

Figure 6.

Experiment 8. The columns together represent the proportions of germination in the different series in sterilised soil (upper part) and in non-sterilised soil (lower part).

//// states the number of seedlings in this proportion, that have damped-off during the test; ■ in this proportion states the number of seedlings that have not damped-off during the test.

1. Control.
2. Pyth. spec. B.
3. Brevilegnia macrospora.
4. Pyth. intermedium.
5. Brevilegnia gracilis.
6. Pyth. aphanidermatum.

4. *Pot-tests with older plants.*¹⁾

We can see from the results of the infection tests with seedlings that a great number of fungi may cause „root-rot“ of pansies. The symptoms of disease which present themselves then have already been stated on page 99. With older plants the symptoms of disease displayed as a consequence of root-rot are much more numerous and more complicated.

In the following tests I have tried to find out which symptoms of disease occurred, caused by the attacks of various fungi isolated by me.

The infection of the soil was done in the same way as in the tests already described with this difference that this time the infection-material was not put into the ground 1½ cm under the surface, but was mixed well with the soil all over the pot. The quantity of the infection-material remained the same.

¹⁾ Older plants are those, that have already formed 4 leaves or more.

The plant-material was always carefully selected as regards size, so that a comparison was possible. Each series consisted of 4 pots. One day after the infection of the soil, the pansies were transplanted into this infected soil.

Evaluation. For most series the symptoms of the infection have been more elaborately described and if possible the state of health has been indicated by one, two or three little crosses, in such a way that one cross indicates mild attack and three crosses a very strong attack.

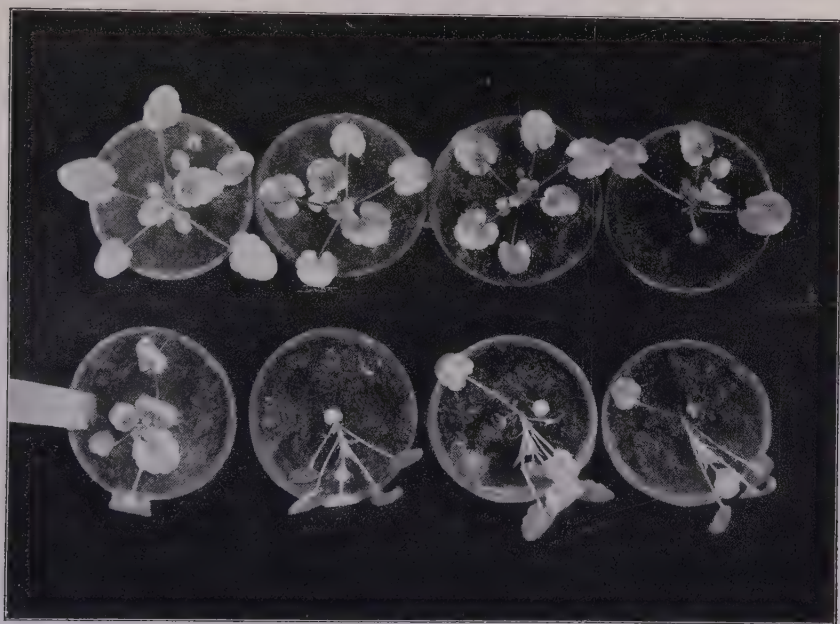


Photo 5.

Attack by *Fus. culmorum* 4 days after inoculation of the soil.

Above: Control-series. Below: Series inoculated with *Fus. culmorum*.

Experiment 9. 1st Infection-test with older plants.

As could already be seen in table 10 the attack by the Phycomycetes was irregular in various pots of one and the same series which may probably be due to the fact that in the method applied many fungi were transmitted with the roots when the transplanting took place. And seeing that, the virulence of the Phycomycetes in particular is very sensitive to the presence of other micro-organisms, as has been proved in the preceding tests, it is easily understood, that the attack in the various pots was unequal.

The plants, in so far as they did not rot altogether, remained normally green and only the lower leaves grew yellowish here and there. The root-system was strongly attacked on the whole.

Table 10.
Experiment 9. First test with older plants.
20 August — 30 September 1930.

	State of health	Seedlings damped off	Symptoms of Disease
Pyth. perniciosum . . .	×××	2	Plants that did not rot remain normally green, except a single old leaf. Because only part of a series has damped-off, the attack may be called irregular.
Pyth. intermedium . . .	×××	3	
Pyth. de Baryanum . . .	××	2	
Pyth. irregulare	×	1	
Fus. equiseti	××	—	All plants of the series showed the same symptoms of disease strong chlorosis and a red-brown discolouration of the edges and nerves.
Fus. scirpi filiferum . . .	××	—	Compare Fus. equiseti.
Fus. culmorum	×××	(4)	See page 128.
Fus. oxysporum IV . . .	×	—	Chlorosis only of the lower leaves.
Fus. oxysporum	×	—	
Cyl. radiclecola	—	—	Slight attack.
Cyl. didymum	×	—	Chlorosis.
Cyl. obtusisporum	×	—	Chlorosis only of the lower leaves

The attacks in the series infected with species of the genus *Fusarium* and *Cylindrocarpon* were quite equal in the various pots of the same series. The first thing which struck the eye was the strong discolouration, especially with plants in the series of *Fusarium equiseti* and *Fusarium scirpi filiferum*. Besides the newly-formed leaves remained small and short-stemmed, whilst the plant itself shot up as it were.

An exception to this is the attack caused by *Fusarium culmorum*. Already after 4 days all four plants of the series wilted almost simultaneously. Of the root-system only a little stump was left (for control namely one plantlet had been dug out, but planted again in the same soil).

However after a fortnight a green core appeared inside the plants which for the greater part had rotted off. And the results after 1 1/2 month were, that the plantlets, though naturally much smaller than the control-plants, were quite healthy, fine new roots having been formed on what rested of the old root. On page 149 I will recur to this in detail.

Experiment 10. 2nd Infection-test with older plants.

Yet it seemed to me rather suspicious that the series that had been disinfected with fungi which had had rice as a medium, were just those that showed chlorosis in a lesser or stronger degree.

In order to find out in how far these symptoms of disease were caused by the direct attack of the fungi or were rather the consequence of a toxic action of the metabolic products that had already been formed in the culture on rice, there were always in the following tests, by the side of the normal series, series inoculated for comparison with equal quantities of infection-material, the fungus of which however had been killed by sterilising beforehand.

For convenience 'sake I will speak in future of series a) and series b) of a certain fungus. With series a) the series is meant, that has been



Photo 6.
Attack by *Fus. scirpi filiferum*.

inoculated with the living fungus with its medium, while with series b) the series is meant, to which the same fungus but dead has been added with its medium. The series a) as well as b) consisted of 4 pots, each with one plant. The details of this test have been summarised in table 11.

The results in brief are, that the attack of *Rhizoctonia solani* was strongest. After 5 days the leaves had discoloured already pretty strongly and wilted. Of the root-system hardly anything was left.

Under these conditions also *Septomyxa affinis* and *Fusarium scirpi filiferum* were highly virulent. The attack caused by *Fusarium culmorum*

was unequal in the various pots. Of the 4 plants two had rotted very rapidly while the two others recovered after a bad initial growth. So this is in accordance with the attack of the same fungus in the preceding test.

Table 11.

Experiment 10. **Second test with older plants.**

a) series with living fungus. b) series with dead fungus.

	State of health	Symptoms of Disease	Remarks
<i>Fusarium solani</i> . . a	×	Chlorosis only of the lower leaves	a scarcely worse than b.
b	×		
<i>Fus. solani minus</i> . . a	×	Chlorosis	a scarcely worse than b.
b	×	Chlorosis	
<i>Fus. oxysporum</i> IV . . a	×	Chlorosis only of the lower leaves	a scarcely worse than b.
b	×		
<i>Fus. oxysporum</i> I . . a	×	Strong discolouration of the plant	a = b.
b	×		
<i>Fus. culmorum</i> . . . a	×	Attack unequal in various pots	a worse than b.
b	×		
<i>Fus. scirpi filif.</i> . . . a	×	<i>Discolouration and wilting</i>	a much worse than b.
b	×		
<i>Fus. scirpi</i> a	—	No symptoms of disease	a = b.
b	—		
<i>Fus. equiseti</i> a	×	Chlorosis especially of the lower leaves	a = b.
b	×		
<i>Cyl. didymum</i> a	×	Strong discolouration of leaf-edges and nerves	a = b.
b	×		
<i>Septomyxa affinis</i> . . a	×	<i>Discolouration and wilting</i>	a much worse than b.
b	×		
<i>Rhizoctonia sol.</i> . . . a	×	Strong chlorosis with purple discolouration of leaf-edges wilting	a much worse than b.
b	—		

Except in the case of these four fungi mentioned, there was on the whole little difference in attack between the series a) and b), whilst all the plants of the b-series were less healthy-looking than the control-plants.

In order to make out whether products of metabolism, formed in culture, are toxic or not, it is not sufficient to find out whether the sterilised culture causes symptoms of disease, as the toxin might be annihilated by the high temperature. It might also be possible that toxins were actually produced by the high temperature.

For this reason I prepared rice-cultures of the fungi in question with water at 60—70° C. It appeared that the extracts obtained in this way, when mixed with equal quantities of the nutrient solution Knop caused the pansy to wilt very rapidly. It was impossible to extract at a lower temperature because the fungus was not killed then. It was neither possible to eliminate the fungus by filtration on account of the colloidal nature of the extract.

So we may take it for granted that with this method of infection toxins are added to the soil, so that the symptoms of disease which were found, were not only caused by the activity of the fungi but also by the noxious action of the metabolic products. The results can be no criterion for the virulence.

This was manifested even much stronger in the following experiment, in which the virulence of the fungus was very slight, probably on account of the low temperature and where the symptoms of disease were mainly caused by the metabolic products, which had been added.

Experiment 11. 3rd Infection-test with older plants.

In this test the plant-material with which I started to work, consisted of small plants, which were very equal in size (± 4 cm), because they had been picked out very carefully from a large quantity. The advantage of this was, that the inhibiting of growth could be used as a criterion for the noxious action. (See table 12.)

1 $\frac{1}{2}$ month after the infection the averages of length and width of the 12 largest leaves¹⁾ (3 per plant) were determined, as also the averages of the diameter of the 4 plants of each series.

To prove that the results of the attack in the pots of one and the same series were very equal the standard error of the average values has been included in the table.

So it appears, that there is little or no difference in growth between the plants in the series a) and b), which very probably must be ascribed to the low temperature during this test, by which the virulence of the fungus was of no importance and the attack solely or chiefly was caused by the noxious action of the metabolic products.

¹⁾ The three leaves most recently developed were on the whole the largest leaves of the plant.

Table 12.
Third infection with older plants (test 11).

		Average length of the 12 largest leaves	Average width of the 12 largest leaves	Average diameter of the plants
		mm	mm	mm
Control		37,34 \pm 1,04	28,5 \pm 1,15	14,5 \pm 0,175
Cyl. didymum	a	38 \pm 0,77	28,88 \pm 0,69	14,75 \pm 0,64
	b	38,44 \pm 1,1	27,33 \pm 1,17	16 \pm 0,55
Cyl. obtusisp.	a	36 \pm 0,73	29,55 \pm 0,7	15,33 \pm 0,41
	b	38,22 \pm 1,9	28,77 \pm 0,87	15,66 \pm 0,99
Cyl. radicicola	a	36 \pm 0,94	29,33 \pm 0,94	14,33 \pm 0,36
	b	36 \pm 0,94	28 \pm 0,66	13 \pm 0,23
Fus. scirpi filiferum	a	25,33 \pm 0,29	20,66 \pm 0,53	10 \pm 0,14
	b	23 \pm 0,98	18,66 \pm 0,60	8,5 \pm 0,64
Fus. scirpi.	a	21 \pm 0,73	19 \pm 0,84	8 \pm 0,14
	b	29,75 \pm 1,02	23 \pm 0,59	12 \pm 0,85
Fus. solani minus	a	26,25 \pm 1,04	20 \pm 0,91	10 \pm 0,64
	b	24,33 \pm 0,75	20,66 \pm 0,74	10,25 \pm 0,12
Fus. solani	a	25 \pm 1,26	20,66 \pm 0,91	9,25 \pm 0,74
	b	22 \pm 0,64	19 \pm 0,74	8,75 \pm 1,02
Fus. oxysporum IV	a	22,5 \pm 0,76	18,5 \pm 0,72	7,75 \pm 0,32
	b	24,5 \pm 0,28	16 \pm 0,75	7,5 \pm 1,05
Septomyxa affinis	a	23,25 \pm 0,98	18 \pm 1,04	8,75 \pm 0,72
	b	23,58 \pm 1,24	20,66 \pm 0,97	10,20 \pm 0,41

The plants in the series, infected with the species of the genus *Cylindrocarpon* were in excellent health, though they too had been infected with rice-cultures.

Experiment 12. *4th Infection-test with older plants.*

In this test I inoculated with cultures of Phycomycetes on 2% agar. Here too the series a) and b) were compared with each other.

The results after a month were, that neither in the a)-series, nor in the b)-series any visible attack had occurred. That the plants in the a)-series too had not been attacked, must be ascribed in my opinion to:

1. The great sensibility of Phycomycetes to the presence of certain other organisms (antagonism).
2. The less favourable conditions as f. i. low temperature.

Chapter 5.

Parasitic Fungi.

1. Phycomycetes.

The *Phycomycetes* occupy a very important place among the originators of root-rot of pansies. From fig. 1, 2, 3 and 4 we can see, that in all the experiments and so under all kinds of conditions, attacking always

took place. It also appears from the figures, that the relation of the virulence mutually was very constant.

The strongest parasites of the Phycomycetes isolated by me are *Pythium de Baryanum*, *Pythium aphanidermatum*, *Pythium perniciosum* and *Brevilegnia gracilis*. But also *Pythium intermedium*, *Pythium spec. A*, *Pythium spec. B* and *Brevilegnia macrospora* are strongly virulent.

Pythium afertile and *Pythium echinulatum* are no parasites of any importance for the pansy.

I can be brief in my discussion of the influence of different conditions on the virulence, as no comparing-tests were made in this connection. For instance the temperature varied a great deal during the experiments. The moisture was always regulated according to what was needed. Yet we may take for granted that a greater moisture promotes a stronger attack by Phycomycetes. If we keep the soil, in which pansies have been sown, very moist, there is a great chance, that a large part of the seedlings is lost. This loss is then generally to be ascribed to an infection by Phycomycetes. In such a case namely I always could isolate Phycomycetes from the diseased plants, which proved to be highly virulent then, whilst also the symptoms of disease were in accordance with those caused by Phycomycetes in general.

About the influence of the nutrition of the fungi on the virulence no experiments were made.

Table 13.

The growth (number and percentage) in the experiments 3, 4, 5 and 8.

a) in sterilised soil. b) in non-sterilised soil.

		3		4		5		8	
		numb.	%	numb.	%	numb.	%	numb.	%
Pyth. de Baryanum (CBS)	a	3	3	—	—	—	—	—	—
	b	13	3	—	—	—	—	—	—
Pyth. de Baryanum . . .	a	0	—	3	3	5	2	—	—
	b	17	10	100	13	93	22	—	—
Pyth. aphanidermatum . .	a	—	—	—	—	5	5	0	—
	b	—	—	—	—	82	13	93	0
Pyth. perniciosum	a	0	—	7	3	2	0	—	—
	b	27	0	57	30	58	10	—	—
Brevilegnia gracilis . . .	a	—	—	—	—	—	—	5	5
	b	—	—	—	—	—	—	85	5
Pyth. spec. A	a	17	7	20	0	68	25	—	—
	b	37	13	73	0	92	8	—	—
Pyth. intermedium	a	—	—	—	—	48	3	33	10
	b	—	—	—	—	95	0	87	3
Brevilegnia macrospora .	a	—	—	—	—	81	38	35	10
	b	—	—	—	—	90	8	97	14
Pyth. spec. B	a	—	—	—	—	—	—	40	7
	b	—	—	—	—	—	—	90	5

It appeared however, that this virulence was very strong in all the experiments, that is to say in tubes on Knop and filter-paper, as well as in garden-soil or in a mixture of garden-soil and leaf-mould.

The factor which was most decisive for the virulence in all the pot-tests was the presence of other organisms. The following table will give you a survey of the differences of growth caused by infections of the various *Phycomycetes* in sterile and non-sterile soil.

So it appears, that certain organisms, or certain combinations of organisms may strongly influence the virulence of *Phycomycetes*. And as a. o. Weindling (1934), Van Luijk (1935), Allen and Haenseler (1935) and Endo (1935) have pointed out, there are probably the metabolic products which inhibit or restrict the development of the parasite and with it the attack. It would be worthwhile to make investigations about the nature of these substances in connection with the possibility of controlling them.

It is very difficult to give a description of the symptoms of disease found in the attacks of root-parasites, because in a similar attack, that is to say an equally strong attack of one and the same fungus, it will depend on the different conditions (temperature, moisture, light) which symptoms of disease occur. Besides it will make much difference whether a certain fungus attacks the root-neck, the tap-root or only part of the lateral roots.

On the whole we may say that the tissue, attacked by virulent *Phycomycetes* rots off altogether and this process may be very short.

If the infection takes place in the root-neck it may happen that in the morning the plant appears to be still quite healthy whilst in the afternoon it drops from its stem and then the connection with the roots may already have been quite broken off.

The attack does not always remain limited to the root. Several times I noticed that a seedling got dark-green cotyledons and petioles, as though the intercellulars filled themselves with water. When such a leaf was touched but slightly, it dropped and the turgor got lost altogether. If we examine such a little plant under the microscope, a thing which is possible, because we are concerned here with very small plants, it appears that the tissue of leaf and petiole has been wholly filled with *Phycomycetes*. The infection is generally also easily recognisable by the occurrence of oogonia, that lie scattered in the tissue. They are even formed in the root-hairs. We must reckon however with the possibility that non-virulent species too may grow inside the root.

On the whole the leaf-discolourations of the plants infected by *Phycomycetes* were very slight, but that does not exclude, that they may be stronger under different conditions.

Aphanomyces euteiches P. F. 2.

As Meurs has concluded from his infection-tests that *Aphanomyces euteiches* P. F. 2 causes root-rot of pansies, I have made the tests as described by him with the same strain obtained from the Central Bureau.

The results undoubtedly show some influence of this fungus, but it is so slight, that in my opinion the fungus cannot be regarded as the originator of root-rot of pansies.

The possibility remains however, that the virulence may have decreased in the time during which the strain was kept in culture. That is the reason why, after the 1st preliminary test, I worked with a new isolation of this strain from a diseased plant. And, as appears from experiments 2, 3 and 4 the attacking-capacity of the new isolation was of no importance either.

2. Tuberculariaceae.

a) *Species of the genus Fusarium.*

To these also belong a number of species, which may cause root-rot in pansies namely *Fusarium culmorum*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium bulbigenum*, *Fusarium solani*, *Fusarium solani minus*, *Fusarium equiseti*, *Fusarium scirpi* and *Fusarium scirpi filiferum*.

Fusarium culmorum is the strongest parasite of these species isolated by me. In experiment 9 the plants were attacked very strongly by this fungus within 5 days. This attack was generally so strong that the plants wilted and rotted altogether. In some cases (page 246) it occurred however that the plants recovered after a certain time. In my opinion this phenomenon must be ascribed to a degeneration of the fungus. This degeneration may be the consequence of the consuming of certain nutritive elements, necessary for the development, but this degeneration may also be the outcome of the formation of substances by the fungus itself, retarding its development. I will recur to this phenomenon later on (page 267).

From the experiments 10 and 11 it has been proved, that the symptoms of disease, occurring in the series in which the soil had been inoculated with a fungus on rice, were not only produced by the attack of the fungus but also by the noxious action of substances, that have been formed by the fungus growing especially on rice and so have been transmitted into the soil together with the infection-material. For this reason the results of these infection-tests have little or no value for the evaluation of the virulence.

That the species mentioned may yet play an important part as originators of root-rot, appears from the results of the experiments, in which I inoculated with those fungi on 2% agar. Besides it appeared from microscopic observations that all the *Fusaria* mentioned may grow inside the roots.

The place of attack may vary a great deal. Very often the root-tip was strongly attacked and quite overgrown by the fungus. But in other cases a strong attack could be observed in the place where the fungus had been put into the soil (photo 6). From this we see that these fungi are capable of penetrating into the roots in all places.

Also inside the roots they may occur everywhere. There was no question of any special preference as regards the vessels. It is true, the vessels are generally brown in colour, which is ascribed to the activity of toxic substances, formed by the fungus and absorbed by the vessels. In the roots, attacked by *Fusarium culmorum* the vessels may also be coloured red which colour agrees with the one that occurs in a culture of *Fusarium culmorum* on rice or oats.

Many investigators ascribe the occurrence of the symptoms of disease, as wilting and discolouration which may also occur in the attack of other plants by species of this genus, largely to the activity of these so-called toxic substances (see page 264).

b) Species of the genus *Cylindrocarpon*.

Though the three species: *Cylindrocarpon radiculicola*, *Cylindrocarpon didymum* and *Cylindrocarpon obtusisporum* were pretty strongly virulent in the preliminary tests and also in the first two pot-tests, the virulence had quite disappeared in the experiments that followed (compare fig. 4 and tables 7 and 12). Very striking was the dark-green colour of the plants in the series that had been inoculated with the fungi mentioned.

Probably this decreased virulence is a consequence of deterioration, for whilst the fungi at first formed a strong aerial-mycelium in a culture on oats, this did no longer occur later on; so that the later cultures looked quite differently.

I should also like to point out the possibility that the virulence may also get lost by „saltation“.

It often occurs namely that when species of the genus *Fusarium* or *Cylindrocarpon* are made to grow on a medium, there suddenly appears (or grows) a sector which differs more or less strongly from the rest. Besides that this so-called „saltant“ differs from the original strain morphologically, the virulence may also be different.

Thus Brown (1928) starting from a one spore-culture of *Fusarium fructigenum* Fr. obtained 40 saltants, that differed from each other more or less. He divided these 40 saltants as regards certain morphological characters into the 4 following groups: 1. *Mycelium-group*, 2. *Sporodochia-group*, 3. *Pionnotes-group*, 4. *Long-spores-group*.

Infection-tests proved that only the saltants of the first two groups were still virulent (Harvey).

Appel and Wollenweber (1913) call attention to the fact that with species of the genus *Fusarium* the culture-type that is obtained is also dependent on what part of the fungus was used for inoculating. If for instance we inoculate with spores, there is every chance that a spore-culture will be obtained and if we inoculate with the young aerial-mycelium, there is more chance that a culture will be obtained in which aerial-mycelium will strongly be formed.

So if we take into account the possibility that spore-cultures may be less virulent in certain cases, it is to be recommended to inoculate *Fusaria* with young mycelium.

This difference in virulence of the various types makes the study of the virulence of the species very complicated and it also proves that a grouping of *Fusarium*- and *Cylindrocarpon*-varieties on the ground of parasitological differences is wrong.

c) *Septomyxa affinis*.

The virulence of this fungus was also very unequal in the various experiments. So for instance in experiment 6 no attack was obtained at all. Yet *Septomyxa affinis* must in any case be mentioned as an originator of root-rot of pansies; just as with *Fusarium culmorum* this was proved especially by the infection-tests with older plants (experiments 10 and 12, photo 7).

3. Other fungi.

It has been proved by the preliminary infection-tests that all these fungi without exception may be very noxious under the conditions mentioned. In the pot-tests this influence was slighter.

The fungi *Myc. st. 68*, *Alternaria tenuis* and *Chaetomium globosum* I will leave out at once, as already in the second preliminary test in soil too they did little harm. But if we consider the results of the infections of the other fungi in fig. 1, we shall see all transitions of weak to strong attack. If we compare these results with those of the second pot-test (fig. 2) we shall see that in the last case the virulence has been much slighter on the whole. From this it is clear that comparatively small differences in conditions may cause great differences in attack. That is why it is difficult as regards some fungi, to say whether they are of any importance regarding root-rot or not.

As an example I will mention *Phoma spec.* I isolated this fungus four times from pansies that came from one and the same bed, that had been manured with cow-dung and in which the pansies grew very badly. The attack of it was rather strong in the preliminary tests and also in the first pot-test; in the other tests hardly any attack occurred.



Photo 7.

Infection-test with older plants. Results 21 days after inoculation.
Left: Control-plants. Right: Plants, attacked by *Septomyxa affinis*.

Rhizoctonia solani Kühn *graminis* Bunschoten obtained from the C. B. S. was strongly virulent especially in the tests with older plants. Very probably the slight attack in the tests with seedlings here too must be brought into connection with a decrease of the virulence before the seed had germinated. We then generally notice too, that in the first week after the inoculation of the soil, along the surface of the earth, a strong development of this fungus takes place. Of this nothing is to be seen generally after one or two weeks. And seeing that the time of germination of the pansy, under the given circumstances, was 10 to 14 days, it may



Photo 8.

Left: Attack by *Rhizoctonia solani*, 14 days after inoculation.

Right: Control-plants.

be quite possible, that the capacity of attacking strongly decreased after the germination.

It would then depend from the stage of development of the fungus whether the infection took place or not.

The symptoms of disease are a more or less strong wilting of the plant, whilst chlorosis may occur. The infection may proceed very rapidly; for if we examine the root-system of a plant, showing the first symptoms of disease, it may occur that the roots have already been strongly attacked (photo 8).

A strain of *Rhizoctonia solani*, which was isolated from pansies afterwards, also appeared to be a strong parasite of pansies.

Thielavia basicola is very often found in roots of pansies and has also been mentioned in literature as "a parasite of pansies." I even found,

that in one bed nearly all the pansies had been attacked by this fungus, but the symptoms of disease were not striking. The attack can easily be recognised by the occurrence of chlamydospores inside and round the roots. In the roots they are formed everywhere, even in the root-hairs they are to be found.

In the first preliminary test I inoculated with *Thielavia basicola* strain Johnson, *Thielavia basicola* strain Gilbert, *Thielavia basicola* strain Tiddens and with a strain, isolated by myself. The latter proved to be the most virulent. But even this strain did not have much influence in the pot-experiments on the development of the pansy and under the given circumstances must be considered to be a very feeble parasite. It may be possible however, that when a greater amount of moisture is present, a stronger attack will occur (Reddick).

*Description of Brevilegnia macrospora, Brevilegnia gracilis,
Pythium spec. A and Pythium spec. B.*

Brevilegnia macrospora n. sp. (Plate 1 see page 259).

Mycelium in different agar-media well developed, on oats no growth of aerial-mycelium, on X-agar¹⁾ slight growth of aerial-mycelium.

Hyphae branched, 2—5 μ in diameter, thin-walled.

Sporangia cylindrical, 12—15 μ in diameter 70—80 μ long; wall indistinct, disappears in the end and oily-drops appear.

Spores immovable, 4—7 μ in diameter, 30—50 in a sporangium.

Oogonia terminal or intercalary, usually terminal, 18—40 μ , usually 26—31 μ with one oospore, rarely two; oogonium-wall 0.5—1 μ .

Oospore 15—28 μ , usually 20—24 μ , does not quite fill up the oogonium; oospore-wall ± 1.5 μ thick. Reserve-globule may become 15 μ in size. The refringent body oval 2—3 to 3—4 μ .

Antheridia diclyne, usually terminal, one or two per oogonium, generally one. Antheridium-cell often placed perpendicularly on the antheridium-stalk. Besides undetermined organisms may be formed also, round to cylindrical 20—30 to 30—75 μ . I have not been able to determine the nature of these. These organisms germinate with many runners.

With regard to the sporangium, the immovable spores and the sexual propagation, this species corresponds with the genus *Brevilegnia* (Coker and Couch. Jour. Elisha Mitchell Sci. Soc. 42. 1926—1927.) It deviates from it by the strong development of the mycelium and the less thick hyphae. In my opinion these differences are not sufficient to place this form in a different genus.

¹⁾ X-agar, one part cherry-agar, one part peptone-glucose-sacch.-agar, one part oats-agar.

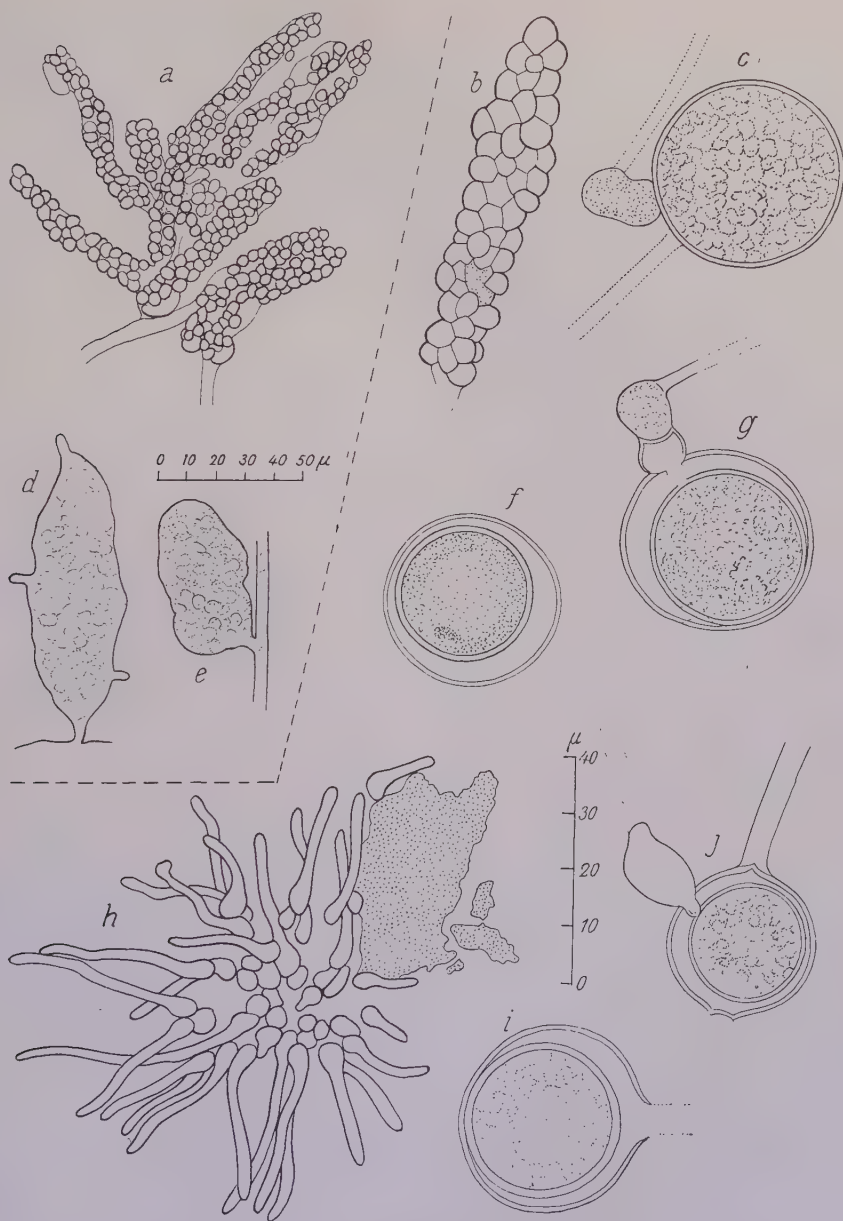


Plate I.

Brevilegnia Macrospora n. sp.

Fig. a and b. Sporangia: (a) X 378; (b) X 756.

Fig. c, f, g, i and j. Oogonia; fig. c, g and j with antheridia X 756.

Fig. h. Germinating spores X 620.

Fig. d and e. Bodies, the nature of which has not been determined X 378.

Brevilegnia macrospora n. sp.

Mycelio bene evoluto. Hyphis ramosis.

Sporangiis cylindricis, 12—15 μ diam. 70—80 μ longis, membrana minus conspicua postremo evanescenti, guttis oleosis exorientibus. Sporibus immobilibus 4—7 μ diam. 30—50 in singulis sporangiis.

Oogonii terminalibus vel intercalariis, vulgo terminalibus 18—40 μ , plerumque 26—31 μ cum singulis oosporis, raro binis, membrana oogonii 0,5—1 μ .

Oosporis 15—28 μ plerumque 20—24 μ non ex omni parte oogonium opplentibus, membrana oosporica \pm 1,5 μ crassa. Globulo residui usque ad 15 μ ; Corpore lumen refringenti ovoeidi 2—3 ad 3—4 μ .

Antheridiis diclynis vulgo terminalibus singulis vel binis in oogonio, plerumque singulis. Cellula antheridii saepe directa in pediculum antheridii.

Brevilegnia gracilis n. sp. (Plate 2, see page 261).

Mycelium in the substratum well-developed, aerial-mycelium is also formed well on oats.

Hyphae branched, 2—5 μ in diameter.

Sporangia cylindrical, 12—15 μ in diameter, 60—75 μ long, only found once.

Spores immovable, 4—7 μ .

Oogonia usually terminal, 17—30 μ , generally 20—27 μ with one oospore, seldom two; wall 0,5—1 μ .

Oospore does not quite fill the oogonium, 15—24 μ generally 17—21 μ ; wall to 2,5 μ . Reserve globule 6—9 μ , refringent body 2—3 to 3—4 μ .

Antheridia diclynoris as well as androgyne one or two per oogonium, 7—10 μ in diameter, 15—30 μ long.

Besides still other undetermined organisms are formed, of a darker colour than the rest of the fungus. These organisms germinate with many runners.

Brevilegnia gracilis n. sp.

Mycelio bene evoluto. Hyphis ramosis.

Sporangiis cylindricis, 12—15 μ diam., 60—75 μ longis modo semel observatis.

Sporibus immobilibus 4—7 μ .

Oogoniis vulgo terminalibus, 17—30 μ , plerumque 20—27 μ cum cingulis oosporis, raro binis, membrana 0,5—1 μ .

Oosporis non ex omni parte oogonium peropplentibus, 15—24 μ , plerumque 17—21 μ , membrana ad 2,5 μ .

Globulo residui 6—9 μ , corpore lumen refringenti 2—3 ad 3—4 μ .

Antheridiis et diclynis et androgynis, singulis vel binis in oogonio, 7—10 μ diam., 15—30 μ longis.

Pythium spec. B. (Plate 3, see page 262).

Mycelium well-developed, Hyphae 2—5 μ in diameter; on 2% agar the growth is very striking; the radial systems of branching remain pretty well apart (compare *Pythium de Baryanum* Hesse according to Drechsler).

Sporangia have not been found.

Oogonia and antheridia are lacking.

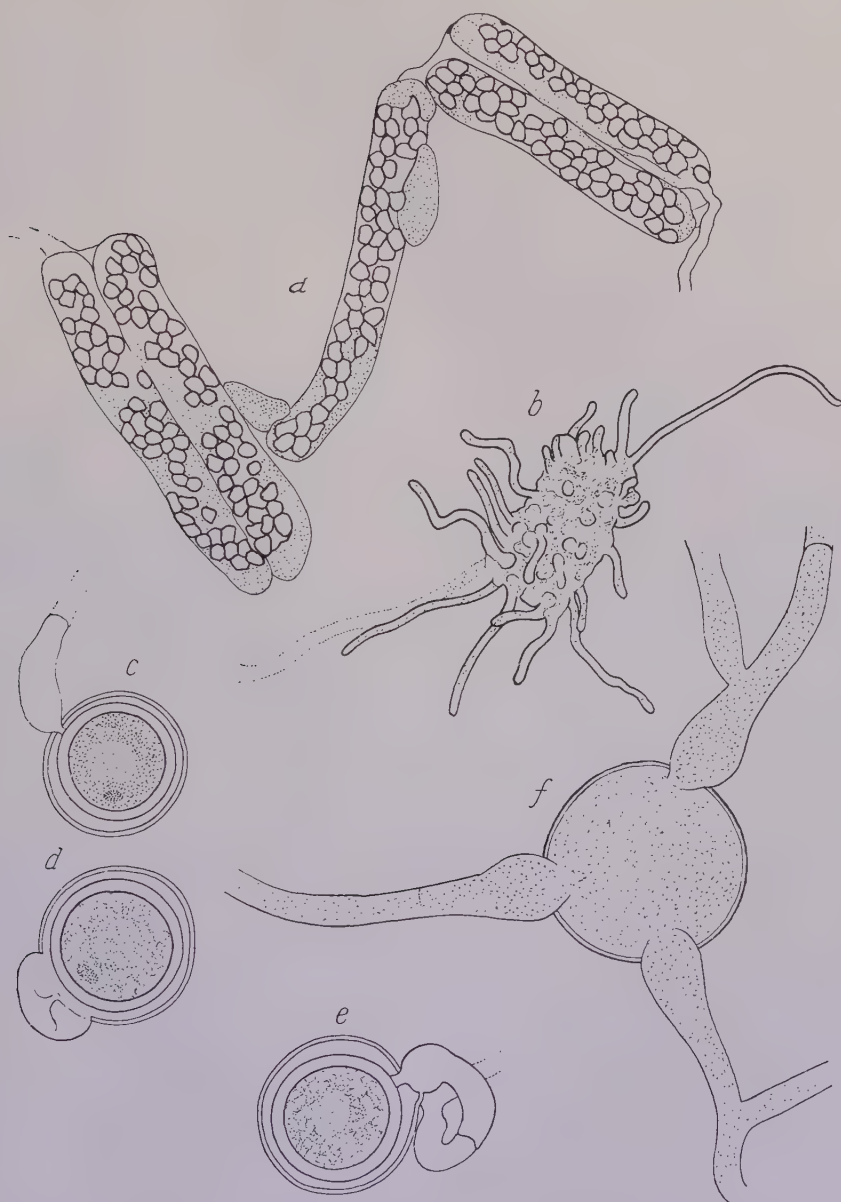


Plate 2.

Brevilegnia Gracilis n. sp.

Fig. a. Sporangia X 686.

Fig. c, d and e. Oogonia X 840.

Fig. f. Abnormal oogonium with antheridia? X 840.

Fig. b. Undetermined bodies, germinating with many runners. X 420.

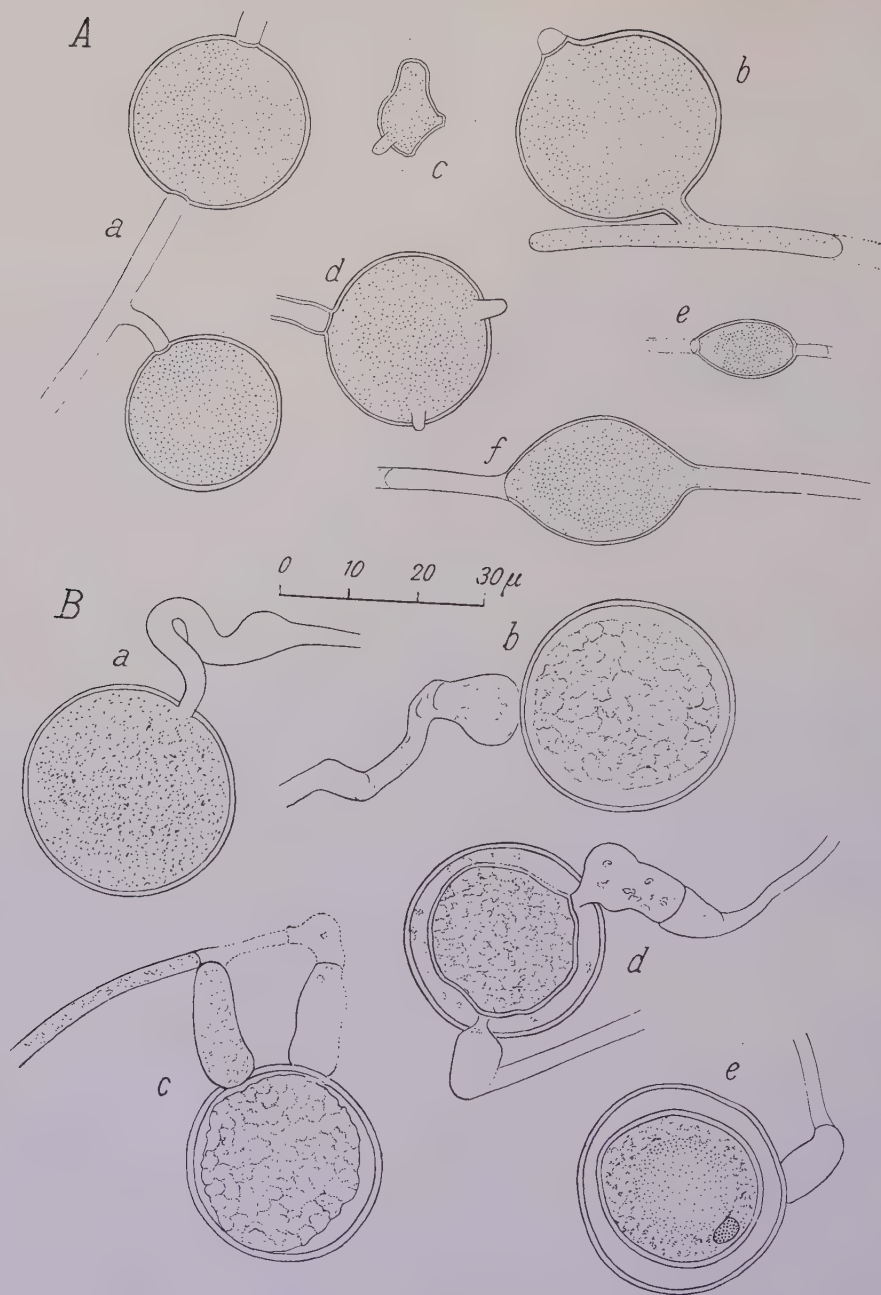


Plate 3.

A. *Pythium* Spec. A.

Fig. a, b and d. Conidia X 740.

Fig. c, e and f. Bodies produced by contraction of the protoplasm X 740.

B. *Pythium* Spec. B.

Fig. a—e. Oogonia with antheridia X 900.

Conidia¹⁾ terminal or intercalary, 16—38 μ , average $\pm 26 \mu$.

*Pythium spec. B*²⁾ (Plate 3, see page 262).

Mycelium well-developed. Hyphae 2—5 μ in diameter.

Sporangia have not been found.

Oogonia usually terminal, 15—38 μ , mostly 25—31 μ with one oospore.

Oospore does not quite fill the oogonium, 13—32 μ ; oospore-wall 1 μ .

Antheridia, one or two per oogonium, 6—9 μ in diameter 10—17 μ long.

Reserve globule to $\pm 14 \mu$. Refrangent body 2—3 to 3—4 μ .

Chapter 6.

Analysis of some parasitical phenomena.

1. Toxic substances.

When a fungus is grown on a nutrient-solution, the chemical composition of this solution will change in the course of the development of the fungus.

The products, that are formed then, may be of a varying nature and may play an important part with regard to the plant, with regard to other fungi and also with regard to the fungus itself.

When these substances have a noxious influence on some organism we speak of toxic substances. In case that the products of metabolism inhibit the development of the fungus itself, we use in English the term "staling products."

Toxic substances have been found which are thermostable and thermolabile, colloidal and crystalline, volatile and non-volatile.

It has also often been tried to find out which substance or which group of substances out of a culture-liquid developed the toxic action.

Thus the toxic action with regard to plants a. o. with *Fusarium cubense* E. F. Sm. has been ascribed to aldehydes, Lathrop (1917), with *Verticillium albo-atrum* R. et Berth. to enzymes, Bewley (1922) with *Fusarium Lycopersici* (Sacc.) Wr. to organic acids, White (1927) with *Fusarium vasinfectum* Atk. to nitrite, Rosen (1926) with *Puccinia graminis* to ureum, Grecusnikov (1936).

Schaffnit and Lüdtke (1932) find amines in the culture-liquid of *Fusarium vasinfectum* and as the action of solutions of amines agreed with that of the culture-liquid, they ascribe the toxic action also to these substances.

Elpidina finds that the ammonia-content in culture-liquids of *Fusarium spec.* is greater with strong than with less strong virulent strains. After extracting the ammonia with methyl alcohol the toxicity had disappeared.

¹⁾ Conidia as well as organisms, formed through contraction of the protoplasm, according to Ashby agree with those, that have been described for *Pythium de Baryanum* var. *Pelargonii* Braun.

²⁾ As no sporangia were found, it is by no means certain that these species belong to the genus *Pythium*.

Fedotova and Janova on the other hand obtain just the opposite results; they find namely, that the contents of amine N. and ammonia N. are much greater in the culture-liquid of less virulent species and strains of the genus *Fusarium*.

The fact that in certain cases less virulent strains would form more amine N.-concentrations than more virulent strains, does not exclude that they after all determine the toxicity of the products of metabolism of the parasite with regard to the host. And besides there are more factors that determine the virulence.

But even in the case that the virulence would be determined only by the toxicity of the metabolic products, then too a comparison of the virulence with the quantity of one group of substances would be very dangerous, because generally other substances (enzymes) may also play an important part there.

Of the chemical nature of the substances too, that have an antagonistic effect or cause staling in micro-organisms, we know but very little yet.

It is clear, that all factors, as nutrition, temperature, light, degree of acidity, absorption, as also the presence of other organisms which can be of influence on the production, the action and the stability of the so-called toxic substances, may also have influence on the relations, in which these substances play a part.

Rosen states that the culture-liquid of *Fusarium vasinfectum* and of *Fusarium lycopersici* did not show toxic activity with regard to various plants, if peptone or asparagine were given as N.-source.

According to Schaffnit and Lüdtkke *Ophiobolus graminis* Sacc. when growing on grains of wheat, does form toxins for wheat, but not in extracts of grains of wheat or wheat-straw.

A similar thing has been watched by Vanterpool (1933) for *Pythium arrhenomanes* Drechsler var. *canadensis* Vanterpool and Truscott, *Pythium de Baryanum* Hesse according to Drechsler and *Pythium ultimum* Trow. These fungi when growing on grains of wheat, form substances that cause inhibition of growth and a brown-discolouration of germinating wheat-grains, but not when they are grown on rice, on a maizeflour-soil-mixture and neither in extracts of wheat-, oats- and barley-grains.

Brown (1923) finds that *Sphaeropsis malorum* Pk. does not form any staling-products on apple-agar, whereas the fungus does so on potatoe-agar.

The temperature too may be of great influence. Brown states, that *Botrytis cinerea* does not show staling at 15° C, whereas at 25° C and especially at 30° C this is actually the case.

Haymaker (1928) finds that the toxic action of a culture-liquid in which *Fusarium lycopersici* has grown at 28° C is stronger than when the fungus has developed at a different temperature.

In 1909 Lutz made experiments from which it appears that the products of metabolism that inhibit the germination of the spores of the fungus itself, may be highly sensitive to light and heat, at the same time he finds that a diluting with water and absorption by clay may partly or wholly neutralize the action.

This influence of absorption has also been mentioned a. o. by Weindling (1934) with regard to a product of metabolism of *Trichoderma lignorum*, which is highly toxic for *Rhizoctonia*. The activity of this is namely strongly inhibited by the presence of animal carbon.

The stability of this substance also appears to be largely dependent on the degree of acidity.

The metabolic products of *Torula Suganii* too, which have an inhibiting influence on the growth of various fungi, are absorbed by kaolin (Okunuki). The action of a certain toxin will also depend very much from the presence of other substances (iones and molecules). When investigating parasitical phenomena, in which these so-called toxic substances play a part we must take these factors into account as much as possible.

2. Products of metabolism which are noxious to the plant.

Fischer and Gäumann mention the suction-pressure, the *enzyme-production* and the *mechanical power* as factors of aggressivity. Through these factors the parasite is able to penetrate into the host and to live at the expense of the plant.

But we may also accept as a fact that besides the enzymes *other products of metabolism* too play an important part in the attack.

Formerly it was thought that the cause of the discolouration in the case of the attack by *Fusarium* (fusariose) was, that the fungus heaped itself up in the vessels, thus inhibiting the transport of water.

But Ashby (1913) and Brandes (1919) already found that in many cases the heaping-up of the fungus in the vessels was so slight, that the wilting of the plant could certainly not be ascribed to it.

The strong brown discolouration of the vessels starting from the point of attacking by the fungus in upward direction without the fungus itself being actually found there, made it probable, that some toxic substance caused the symptoms of wilting. During the last twenty years in particular many investigators (Hursh, Brandes, Haskell, Bewley, Fahmy, White, v. d. Veen) have been able to show that the filtrates of cultures of different species especially of the genus *Fusarium*, grown on various nutrient solutions may have a highly noxious reaction on plants which as cut-off stems are put into these filtrates.

These filtrates were noxious to a great amount of different plants. But is it not only through the cut-off stem of the plant, it is also through

the roots that many of these products of metabolism can be absorbed. (Barnum, Rosen, Haymaker, Linford, Schaffnit and Lüdtkke).

Own observations.

From the results of experiments 10 and 11 we have seen quite clearly that all the species of the genus *Fusarium* used by me, may form thermostable substances on rice, that are highly noxious to the plant.

Experiments made with plants, sterilely grown on a Knop-solution in test-tubes and placed in extracts of two weeks old rice-cultures, of *Fusarium culmorum* and *Fusarium oxysporum*, half diluted with a solution of Knop, confirmed the very strong toxic action. The plants wilted very rapidly and discoloured altogether in the end. There was a marked difference in attack between the plants in the filtrate of *Fusarium culmorum* and of *Fusarium oxysporum*.

Seeds grown on filter-paper, soaked in the diluted extract of *Fusarium oxysporum* germinated very rapidly, but soon after the germination the rootlets became thick and brown and the growth stopped altogether.

Seeds grown in the diluted extract of *Fusarium culmorum* did not germinate at all.

On the whole the symptoms of disease, which are the result of the attack of the fungus itself, agree with those which are the result of the toxic action of the culture-liquid of that same fungus. It is therefore highly probable that these products of metabolism play an important part in the attack.

Haymaker finds a positive correlation between the virulence of two strains of *Fusarium lycopersici* and the toxicity of the culture-liquid of these fungi; and he even finds a positive correlation between the resistance of different sensitive tomato-plants with regard to the fungi and the sensibility with regard to the culture-liquid of that fungus.

With other words the aggressivity would thus chiefly be determined by the action of toxic substances whereas the greater or lesser resistance (sensibility of the plant) would depend upon a greater or lesser sensibility to these substances.

Linford however finds, that the difference in sensibility of certain pea-varieties to *Fusarium orthoceras* App. et Wr. is not connected with the sensibility to the toxicity of the culture-liquid.

Of course it may be quite well possible that the sensibility of the pea depends upon other factors than the sensibility of the tomato.

We can imagine that the parasite thrives within the host, forming products of metabolism there which are noxious to the plant.

But cannot it also be possible that the toxic substances are found already in the soil and may be noxious to the plant already before the fungus has grown inside the root?

This supposition has first been raised by Rosen in 1926, who investigated diseased plants, from which he was not able to isolate a fungus. And seeing, as has been proved, that plants may absorb these substances also through the roots, he believes that a poisoning of the plant may occur caused by the products of metabolism of the fungus in the soil. Linford tested these investigations by making plants grow in extracts of strongly infected soil. But the plants remained healthy. Also sterilised soil, that had been strongly infected beforehand had no noxious influence on the plant.

There is every reason to accept that toxic substances are also formed in the soil. The question is however whether the production, the action and the stability of these substances may be so strong in the soil that they can have a noticeable influence on the plant.

There are some facts all the same, which in my opinion support Rosen's opinion.

1. The regeneration of diseased plants when they are transplanted from strongly infected soil into non-infected soil (Linford).

2. The connection which exists between the quantity of infection-material and the virulence of the attack (Linford).

3. The occurrence of strong symptoms of disease in case of a comparatively slight infection.

3. Influence of the developing-stage of the fungus on the virulence.

If a fungus is made to grow in a nutrient solution or on a medium, it may occur that the growth at first increases to a certain maximum and then decreases more or less rapidly only to stop altogether finally. This phenomenon may be caused by lack of nutriment, by an unfavorable relation of the nutritive elements and also by the formation of substances which inhibit the development of the fungus itself. Only in the latter case does Brown speak of *staling*¹⁾ and the substances concerned he calls "*staling products*". These may be of a twofold origin: either they are produced by autolysis of the old part of the culture and in that case the production will not occur until some time afterwards and go on after the growth has stopped already (Brown), or they are produced by metabolism of that part of the fungus growing actively and in that case the production will about coincide with the growth (Pratt). Brown in 1923 discusses these investigations more in detail and proves that *nutrition* (with *Sphaeropsis*) and *temperature* (with *Botrytis*) may be determinative for the occurrence of "staling" of the culture.

¹⁾ Generally it is impossible to state by which factor the decrease in development is determined, mostly all the factors mentioned will be involved. For this reason I have used the word "staling" in all those cases in which mention was made of a deterioration of the fungus in one and the same culture.

But besides the growth, also the formation of enzyme (Went, Brown) and also the production of toxic substances (Van Luijk, 1935, Weindling, 1935, Waksman, 1937) may increase until a maximum has been reached, then to decrease again and finally to stop altogether. We might speak as it were of an active period of the fungus.

That is why it is not astonishing that the *aggressivity* too depends on this active period, with other words, is more or less determined by the period of developing of the fungus.

An example of this was already described in 1913 by Wollenweber of *Fusarium nivium*. It namely turned out that the virulence of a one-month-old culture of this fungus on potato had quite got lost,

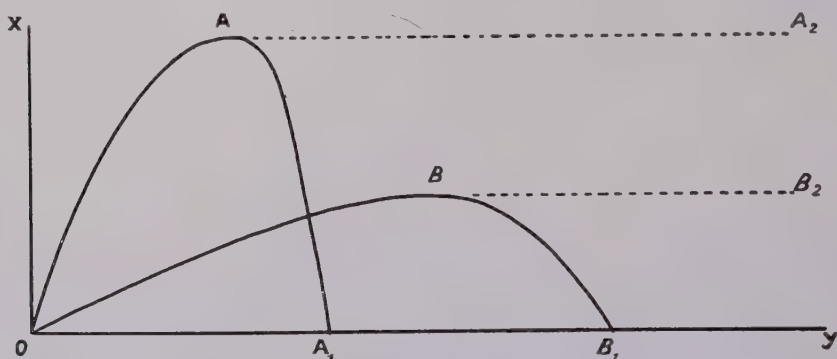


Fig. 7.

Curves of aggressivity under different conditions:
 A favourable conditions. B unfavourable conditions.
 Abscis: age of culture; ordinate: aggressivity.

whilst another culture of the same age on 2% sugar-water and filter-paper was still highly virulent. Wollenweber explains this phenomenon by supposing, that *Fusarium nivium* after a month on the very nutritious potato had quite spent itself, whilst the fungus on the poor nutrient-solution had remained artificially young.

In this connection I should like to refer to the investigations of Boyle (1924), who observes that *Fusarium spec.* shows a strong „staling“ especially in potato-extract.

The same thing was pointed out by Bunschoten regarding *Sclerotinia sclerotiorum*, where it appeared that an infection with 18 days-old cultures on peptone-glucose-saccharose-agar caused no attack, whilst younger cultures under similar conditions were virulent.

This aggressivity might thus be represented by a curve (see fig. 7)

In this figure the age of the culture has been indicated on the axis of the abscisses whilst the aggressivity has been reproduced on the axis of the ordinates.

The curve OAA_1 then represents the aggressivity during the development of the fungus under special conditions, whereby the fungus shows a strong "staling". The curve OAA_2 represents the aggressivity of the fungus under conditions in which no "staling" occurs.

The same holds good for the curves OBB_1 and OBB_2 , which represent the aggressivity of the same fungus under less favourable conditions (temp. and nutriment).

The curves OAA_2 and OBB_2 in fact only hold good in case when the "staling" products are absorbed for instance by the soil.

It is then very easy to see that under the conditions in which the fungus has an aggressivity of OAA_1 , no attack will take place, if the host does not become sensitive until after the time OA_1 and that in that case an attack by the fungus would actually take place under conditions in which the aggressivity is much weaker (OBB_1).

A logical consequence of these notions is also that the concentration of "staling" products, inhibiting the development, will be reached sooner when a larger quantity of infection-material is used. In this way the period of development may be shortened by a larger quantity of infection-material and here too, in case the sensibility does not occur until some time later, no attack would take place with a large quantity of infection-material, but with a small quantity of that same material an attack would actually do so.

Own observations.

Whereas the virulence of *Fusarium culmorum* was very slight especially in experiment 3 and even less strong than the other *Fusaria*, the attacking by this fungus of older plants on the other hand was ever so much stronger than of the rest. The infection manifested itself within 4 days (see photo 5) and under the given circumstances was generally fatal.

We can now realise that, the time of germination of the pansy in my tests being about 14 days and the cultures with which the inoculations were made being about 14 days old, the active period of *Fusarium culmorum* on rice must occur in the first 4 weeks. These conceptions being particularly supported by the observations in experiment 9, in which the plants, attacked by *Fusarium culmorum* had quite wilted within 4 days, but after 14 days had perfectly regenerated again (see page 246).

It also appeared that 4 weeks old culture on rice did no longer cause any attack in older plants, whilst a 2-weeks-old culture was strongly virulent.

This also holds good, in my opinion, for infection with rice-cultures of *Rhizoctonia* and *Septomyxa* where the attack in experiments with older plants was likewise much stronger than in the experiments with seedlings. As has been proved from the investigations of Brown, the "staling" may be largely dependent on the nutrition. So it was worth trying to

find out whether this "staling" also occurred in garden-soil without the rice-culture being added to the fungus. It appeared, that the attack of seedlings in sterilised soil, inoculated with *Fusarium culmorum* on 2% agar 4 weeks before the sowing, was just as strong as in soil, into which the fungus had been put simultaneously with the sowing. For 100% the little plants were attacked during the germination.

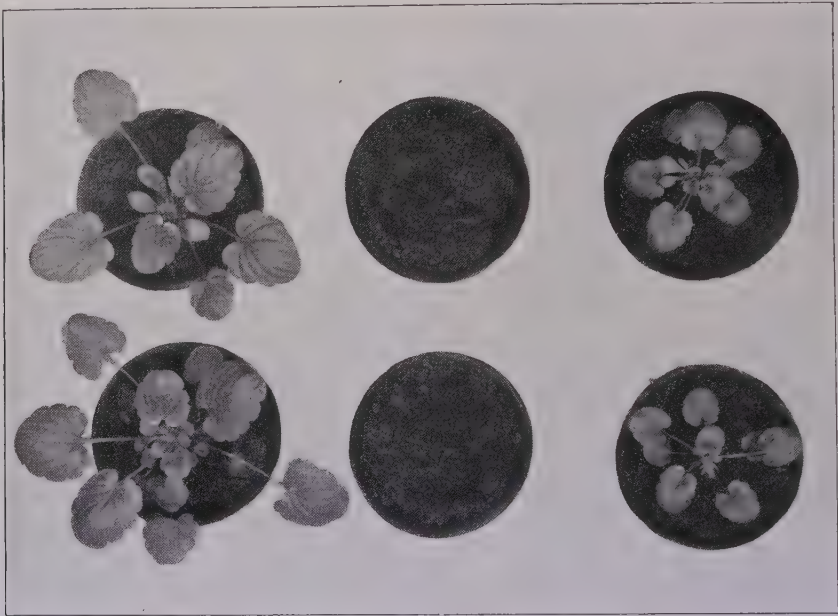


Photo 9.

Influence of substances, formed by *Fus. culmorum* when growing on rice, on the development of the plant.

Left: Control-series.

Middle: Series inoculated with living fungus on rice.

Right: Series to which the dead fungus on rice has been added.

The fact, that in garden-soil no noticeable decrease of the virulence occurred for 4 weeks, does not mean to say, that this may not actually be the case in other species of soil.

The occurrence of strong „staling” on rice is another reason, why the inoculating with rice-cultures is not advisable.

4. Antagonism.

Der Kampf ums Dasein wird bei den niederen Pilzen ebenso heftig und mit viel energischeren Mitteln geführt als bei allen anderen Pflanzen.

(The struggle for life is carried on just as fiercely and with the same energetic means by the lower fungi as this is done by all other plants).

Nägeli 1877.

When different microorganisms are made to grow together on a medium, we shall see, that either they don't influence each other and will grow up side by side, or one of them will dominate and will overgrow the others, or thirdly the cultures will remain apart. In many cases the relation is very complicated however so that one organism may be killed by another. [Reinhardt (1892), Porter (1924), Henry (1931)]. A full survey of the literature about this subject has been given by Waksman (1937).

The factors which may determine the antagonistic action, are:

1. The consuming of the nutritive elements through which the relation of these elements becomes less favourable for the development (Lewis, 1929, Millard and Taylor, 1927).

2. The production of substances, which will alter the oxydo-reduction potential of the environments (Greig-Smith, 1917).

3. The production of substances, that have a toxic action (Sanford and Broadfoot, 1931, van Luijk, 1935, Waksman, 1937).

4. Parasitism, where the hyphae of one fungus wind themselves round these of another fungus, destroying them at the same time (Reinhardt, 1892, Weindling, 1932).

That the antagonistic phenomena may also occur in the soil, has been pointed out a. o. by Conn and Bright, 1919. They find, that in a simultaneous inoculation of *Bact. cereus* and *Bact. fluorescens* in sterilised soil only *Bact. fluorescens* is able to develop itself.

Millard and Taylor discover something similar for *Actinomyces scabies* (Thaxter) Güssow and *Actinomyces praecox* Millard et Burr. In a simultaneous inoculation only *Actinomyces praecox* will increase strongly, whilst *Actinomyces scabies* can even be quite eliminated.

Of special interest to us is the antagonistic activity of microorganisms with regard to parasites living in the soil, and thus the influence of the antagonistic action on the virulence.

Reinhardt (1892) already in "Wachstum der Pilzhyphen" discusses the influence of antagonism on the occurrence and the spreading of certain *Peziza* (= *Sclerotinia*) attacks.

In 1921 Hartley finds, that attacks of Picea-seedlings by *Pythium de Baryanum* only in soil, sterilised by steam, were much stronger than when different other organisms were growing in the soil too.

Millard and Taylor (1927) have proved that the attack of potato, caused by soil-infection with *Actinomyces scabies* (parasite) and *Actinomyces praecox* (saprophite) together, is much slighter than by soil-infection with the parasite alone. They explain this by concluding that *Actinomyces praecox* as a saprophite can develop itself much stronger in the soil than *Actinomyces scabies*, on account of which the latter will quite disappear from lack of food.

Waksman (1937) studies the antagonistic action of a certain Actinomycece with regard to a great number of other organisms and finds, that this action is determined in culture by the production of toxic substances and not by exhaustion of the nutritive value and neither by the altering of the degree of acidity. It may therefore be quite possible that in the antagonistic relation too of *Actinomyces praecox* with regard to *Actinomyces scabies* the production of toxic substances plays the most important part.

Lewis (1929) however is of opinion that the antagonistic action in culture cannot be compared with the action in the soil, seeing that the toxic substances are being absorbed in the soil. He finds namely, that *Bact. fluorescens* forms a thermostable substance in culture, which is toxic for various microorganisms. This substance too is formed in the soil and can be extracted from it with alcohol. He finds nevertheless, that sterilised soil, in which *Bact. fluorescens* has been made to grow after sterilisation, has become very suitable for the development of organisms that are sensitive to the so-called "bacterio-toxin" of *Bact. fluorescens*.

But in my opinion, Lewis does not take into account the possibility that substances, which are thermostable under certain conditions, may be thermolabile under other conditions, for instance in the soil.

The fact, that in a great many cases the antagonistic action in the soil of certain organisms with regard to certain parasites, also occurs in culture and is determined there by the production of toxic substances (Sanford and Broadfoot, 1931, Tims, 1932, Weindling, 1934, Allen and Haenseler, 1935, van Luijk, 1935, Endo, 1935), strongly supports the hypothesis that toxic substances can determine the antagonistic action also in the soil.

As the investigations of van Luijk, proposed at the meeting of the Netherlands Botanical Society on Oct. 26th 1935 at Baarn, have not been published, I will mention them here in brief.

van Luijk finds first of all, that the attack of *Pythium volutum* Vanterpool et Truscott alone is stronger than when combined with *Pythium de Baryanum* Hesse, *Pythium irregulare* Buisman and *Pythium torulosum* Coker et Patterson.

But much stronger was the inhibiting action of *Dematium pullulans* de Bary et Löw on the attack of *Pythium volutum*. The filtrate of *Dematium pullulans* had the same effect as the fungus itself. The degree of toxicity depended on the developing-stage of the culture.

Own observations.

On page 252 it has already been pointed out that antagonism was produced very strongly in the case of all the Phycomycetes used by me:

which means to say that they are highly sensitive to the presence of other microorganisms.

No conclusion can be drawn as regards the sensibility of other fungi used by me because no distinct picture of the virulence was obtained through infections with rice-cultures and besides, because these fungi, when growing on rice, are very much in advantage to the other microorganisms in the soil.

It is not my intention to go further into the matter in these investigations but I will only mention here the following detail, because it demonstrates so clearly the influence of nutrition on the antagonistic activity.

In experiment 6 page 242 all the pansies on non-sterile soil have rotted off. Only in a series, of which the plants had been inoculated with rice-culture of *Septomyxa affinis*, had the plants remained healthy (see page 243). It was obvious that *Septomyxa affinis* counteracted the attack of the parasite, which was apparently present in non-sterile soil. It is now of importance to find out which parasite had caused all the pansies in non-sterile soil to rot. The symptoms of disease agreed with those caused by *Phycomycetes* in general.

Besides two species of *Phycomycetes* were isolated from the diseased roots among which *Brevilegnia gracilis* that proved to be highly virulent. So very probably the attack had been caused by this parasite.

Assuming that *Brevilegnia* was actually the parasite we had been looking for, the following experiment was made to ascertain whether the decrease of the attack was obtained by the activity of *Septomyxa* in soil, by the activity of *Septomyxa* on rice or by addition of rice only.

Experiment 12.

Pot-series with a mixture of equal quantities of leaf- and garden-mould were sterilised and inoculated with the following concentrations:

Brevilegnia gracilis.

Brevilegnia gracilis + rice.

Brevilegnia gracilis + *Sept. aff.* on 2% agar.

Brevilegnia gracilis + *Sept. aff.* on rice.

Brevilegnia gracilis + *Sept. aff.* on rice, sterilised.

The rice and *Septomyxa affinis*-cultures were inserted 2 c. M. under the surface, whilst *Brevilegnia gracilis* was inoculated 1 c. M. under the surface. The quantities of inoculation-material were equal to those in the pot-tests mentioned before. Again 15 seeds were put into each pot to germinate.

The results of the germination have been represented in the following table.

Table 14.
Influence of nutrition on the antagonistic activity.

Combinations with which the inoculations were made	Germination	Damping-off after 1½ month
	%	%
Control	85	10
<i>Brevilegnia gracilis</i>	23	21
<i>Brevilegnia gracilis</i> + rice	0	—
<i>Brevilegnia gracilis</i> + <i>Septomyxa affinis</i> on 2% agar	3	3
<i>Brevilegnia gracilis</i> + <i>Septomyxa affinis</i> on rice	93	3
<i>Brevilegnia gracilis</i> + <i>Septomyxa affinis</i> on rice sterilised	0	—

From this we can see that no decrease of the attack by *Brevilegnia gracilis* took place by inoculation with *Septomyxa affinis* on 2% agar whilst through the addition of *Septomyxa affinis* on rice the attack was fully checked. After 2 months the plants in the series were still at least as healthy as those in the control-series (see photo 10 and 11).

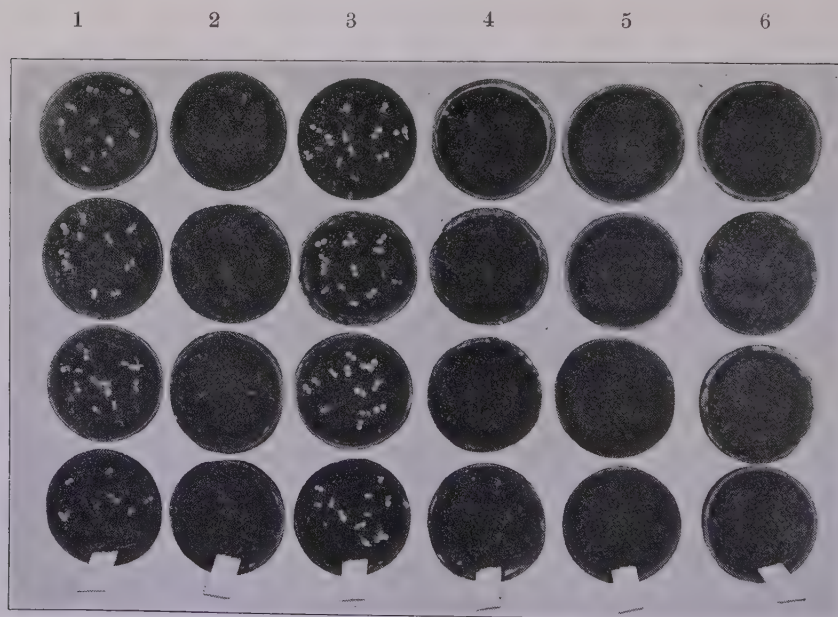


Photo 10.

Antagonism; influence of nutrition. Results after 3 weeks.

1. Control-series.
2. Series inoculated with *Brevilegnia*.
3. Series inoculated with *Brevilegnia* and *Septomyxa affinis* on rice.
4. Series inoculated with *Brevilegnia* and *Septomyxa affinis* on 2% agar.
5. Series inoculated with *Brevilegnia* to which rice has been added.
6. Series inoculated with *Brevilegnia* to which the sterilised rice-culture of *Septomyxa affinis* has been added.

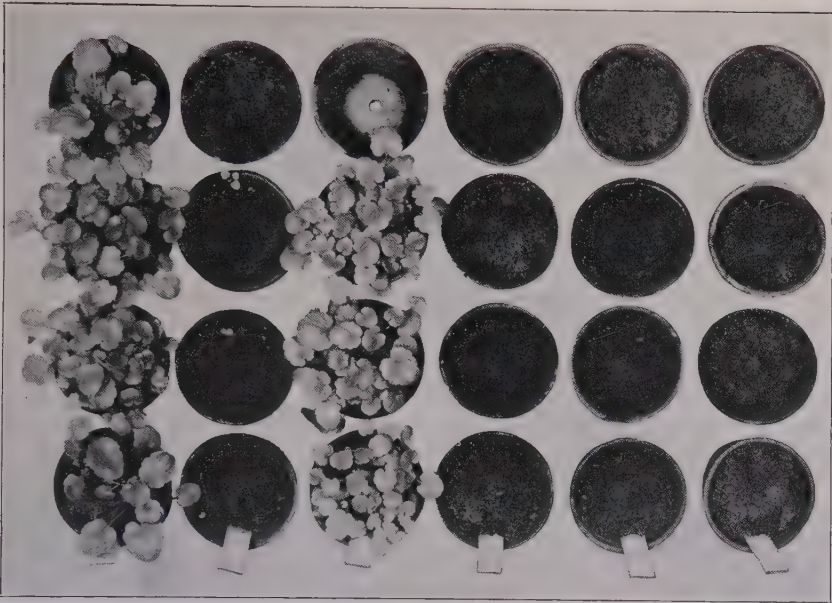


Photo 11.

Same series as on photo 10. Results after 2 months.

Plants from the first pot of the third series have been used for investigation.

In order to decide whether here too the action of toxic substances was at work, the following experiments were made.

Fourteen-days-old rice-cultures of *Septomyxa affinis* were extracted for an hour with water, the weight of which was equal to that of the rice-culture. Of this extract 3, 2, 1 and $\frac{1}{2}$ c. c. were put in 4 test-tubes each time and the contents were increased to 10 c. c. with a solution Knop + $\frac{1}{2}$ % saccharose.

In the solutions obtained in this way equal bits of a culture of *Brevilegnia gracilis* on 2 % agar were transferred.

It turned out that in none of these dilutions any growth occurred. That is why in the following experiments I started another series with even stronger dilutions of the extract viz. of 5 %, 4 %, 3 %, 2 %, 1 % and $\frac{1}{2}$ %. After three days it appeared that in the 100-fold dilution only a slight growth had occurred (± 1 cm) whilst in the 200-fold dilution the growth was equal to the one in the control (± 2 cm).

So it seemed very probable, that *Septomyxa affinis* on rice forms substances, that are highly toxic for *Brevilegnia gracilis*. To ascertain this, it was necessary also to determine the antagonistic action of the extract, without *Septomyxa affinis* being present. After filtration through a Seitz-filter the antagonistic action had disappeared.

Though the problem „antagonism“ has been known in science for some time already, it has not become of such general interest until recent

years. This interest has come especially from the phytopathologists in connection with the possibility of an eventual application in the control of parasitical diseases.

The few data which hint at a possible practical application (Millard and Taylor, 1927, King, Hope and Eaton, 1934, and King, 1937), are still very unsatisfactory however and the results often contradict each other (Sanford). The cause of this is probably to be found in the as yet very unsufficient knowledge of the great number of factors, which are at work here and which make the study of this problem certainly very desirable.

Some conclusions in connection with practice.

Notwithstanding the fact that a great number of fungi may cause root-rot of pansies, it is possible to restrict the attack to a minimum by following some general indications.

Various fungi may occur on the seed of pansies, among them *Fusarium culmorum*, which is one of the strongest parasites. So it would be advisable to disinfect the seed before use. By treating it with $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{5}$ % ceresan-solution for 45 minutes a full disinfection is obtained without the germination being hurt by it.

The strongest attack takes place especially during and shortly after the germination. By sowing in boxes with sterilised soil the damping-off in the germinating-stage on the whole can be prevented. In case that this treatment cannot be executed, the use of leaf-mould at least 2 years old is to be recommended, but we must also take care that this mould is not kept too moist, on account of the favourable development of Phycomycetes in humid environments.

Also by the transplanting into the beds there is more chance for an eventual attack in connection with the damage of the roots and the adaptation to the new surroundings. In loose, fertile soil the resistance of the plant however is very great.

Summary.

The difficulties which often crop up in the growing of *Viola* spp. as the damping-off and retarding of seedlings, as well as fading, discolouration and inhibition of growth, especially found in older plants, have given rise to these investigations.

Most of the times the root-system of such plants is strongly attacked.

Microscopic observations and the fact that always fungi can be isolated from diseased roots, made it probable, that these different organisms caused root-rot. So it was of importance to find out which organisms are responsible for the symptoms of the disease.

For this purpose a method has been applied in which, under varying circumstances, the attacks by the fungi, that had been isolated from

diseased pansy-roots, were studied. The first experiments were made in sterile tubes on a nutrient solution after Knop with filter-paper, and also in soil. After that the investigations were carried on in pots with soil. The attacks in sterile and in non-sterilised soil were always compared.

Parasites. From the results of the experiments it became clear that a great number of fungi have the capacity of causing root-rot of pansies. Among the chief parasites we find:

a. *Phycomycetes*: *Pythium de Baryanum* Hesse, *Pythium aphanidermatum* Fitz, *Pythium perniciosum* Serbinow, *Brevilegnia gracilis* n. sp., *Pythium intermedium* de Bary, *Pythium spec. A.*, *Pythium spec. B.*, *Brevilegnia macrospora* n. sp.

Of these especially the four mentioned first are highly virulent.

b. *Tuberculariaceae*: *Fusarium culmorum* (W. Sm.) Sacc., *Fusarium bulbigenum* Cke. et Mass., *Fusarium oxysporum* Wr., *Fusarium solani* (Mart.) App. et Wr. var. *Martii*, *Fusarium solani* (Mart.) App. et Wr. var. *minus* Wr., *Fusarium equiseti* (Cda.) Sacc., *Fusarium scirpi* Lamb. et Fautr., *Fusarium scirpi filiferum* (Preuss) Wr., *Cylindrocarpon radicola* Wr., *Cylindrocarpon didymum* (Harting) Wr., *Cylindrocarpon obtusisporum* Cke. et Harkn. and *Septomyxa affinis* (Sherb.) Wr.

Of these especially *Fusarium culmorum* was highly virulent.

The attacking capacity of the species of the genus *Cylindrocarpon* decreased in culture. After a year no infection was obtained with strains isolated by me.

c. *Rhizoctonia solani* Kühn which may be called a virulent parasite of the pansy.

d. *Thielavia basicola* (B. et Br.) Zopf. The virulence of this fungus which in literature is called the originator of root-rot of the pansy, was insignificant in pot-experiments. It is very probable that one of the conditions for bringing about the infection by this fungus, is a great amount of moisture. (Reddick).

Formation of toxic substances by the parasites. Many investigators have made fungi grow on rice and used this fungus plus medium for inoculations. Rathbun-Gravatt, Edson and Shapovalov even lay stress upon the fact that the attacking capacity of many fungi, amongst which *Fusaria*, when growing on rice, is stronger than when another medium is used. Tests have proved however that all the mentioned species of the genus *Fusarium*, when growing on rice, can form substances, which are highly toxic to the pansy.

When inoculating the soil with these fungi on rice, these substances are thus introduced into the soil too, so that the symptoms of the disease appearing then, are no criterion for the virulence.

Influence of the developing-stage of the fungus on the originating of the infection.

It appeared that by inoculation of the soil with a 4 weeks' culture of *Fusarium culmorum* on rice, no infection was obtained, while under the same circumstances a 2 weeks' culture was highly virulent. Also, when the host was only sensitive after a certain time and this was the case when seeds were left to germinate in soil, that had been inoculated with *Fusarium culmorum* on rice, little or no infection took place. Very probably this loss of virulence is due to a „deteriorating“ of the fungus. This may have been caused by the consumption or modification of the food supply by unfavourable changes in reaction, and also by the production of specific substances, which are toxic to the fungus itself (staling).

Antagonism. The virulence of all *Phycomycetes*, isolated by me, was much less strong in non-sterilised than in sterile soil. The attacking capacity of *Brevilegnia gracilis* was completely inhibited by a simultaneous inoculation of the soil with a culture of *Septomyxa affinis* on rice. A simultaneous inoculation with *Septomyxa affinis* on 2% agar gave no decrease of infection by *Brevilegnia gracilis* (photo 10).

An extract with water of a 2 weeks' culture of *Septomyxa* on rice proved to be highly antagonistic to *Brevilegnia*. After filtering through a Seitz-filter the antagonistic effect had disappeared.

Synergism. It also occurred that the infection in non-sterilised soil was stronger than in sterile soil. This was found when the soil was inoculated with *Fusarium scirpi*, *Fusarium scirpi filiferum* and *Fusarium equiseti* (photo 3).

The symptoms characteristic of the disease, demonstrated in the experiments, agree with those, generally found in practice.

Considering however, that these symptoms are dependant on circumstances, on the place of infection and the age of the plant, as also on the time of the attack, it is not possible in general to make out which fungus actually causes the symptoms of the disease. The more so, because also the number of the fungi that may be the cause, is very great. Yet on the whole the infection by *Phycomycetes* can easily be distinguished from the others.

The infection by *Fusaria* can mostly be recognised by the occurrence of discolourations, the leaves and also petioles remaining small. *Fusarium culmorum* forms an exception to this by the virulence of its attack.

Fungi which in literature have not yet been mentioned as originators of root-rot of the *Viola* spp. are:

Pythium aphanidermatum, *Pythium perniciosum*, *Pythium intermedium*, *Brevilegnia macrospora*, *Brevilegnia gracilis*, *Fusarium bulbigenum*, *Fusarium solani minus*, *Fusarium scirpi*, *Fusarium scirpi filiferum*, *Fusarium equiseti*, and *Septomyxa affinis*.

Of these *Brevilegnia macrospora* and *Brevilegnia gracilis* have been described as new species.

Literature-list.

- Allen, M. C. and Haenseler, C. M. Antagonistic action of *Trichoderma* on *Rhizoctonia* and other soil fungi. 1935, *Phytopathology*, 25, 244—252.
- Ashby, S. F. Banana diseases in Jamaica. 1913, *Bull. Dept. Agr. Jamaica*, s. 2, II, 95—128.
- Barnum, C. C. The production of substances toxic to plants by *Penicillium expansum* Link. 1924, *Phytopathology*, 14, 238—243.
- Bewley, W. F. "Sleepy diseases" of the tomato. 1922, *Ann. Appl. Biol.* 9, 116—134.
- Boyle, C. Studies in the physiology of parasitism. X. The growth reactions of certain fungi to their staling products. 1924, *Ann. Bot.* 38, 113—135.
- Brandes, E. W. Banana wilt. 1919, *Phytopathology*, 9, 339—390.
- Brown, W. Studies in the physiology of parasitism. IV. On the distribution of cytase in culture of *Botrytis cinerea*. 1917, *Ann. Bot.* 37, 489—498.
- Brown, W. Experiments on the growth of fungi on culture media. 1923, *Ann. Bot.* 37, 105—129.
- Brown, W. Studies in the genus *Fusarium*. VI. General description of strains, together with a discussion of the principles of present adopted in the classification of *Fusarium*. 1928, *Ann. Bot.*, 42, 285—304.
- Bunschoten, Gerda E. Invloed van de voeding op de virulentie van schimmels. 1933, diss. Utrecht.
- Chona, B. L. Studies in the physiology of parasitism. XIII. An analysis of the factors underlying specialization of parasitism, with special reference to certain fungi parasitic on apple and potato. 1932, *Ann. Bot.*, 44, 1033—1050.
- Coker, W. C. Other water molds from the soil. 1926, *Jour. Elisha Mitch. Sci. Soc.* 42, 207—226.
- Conn, H. J. and Bright, J. W. Ammonification of manure in soil. 1919, *Jour. Agr. Res.*, 16, 313—350.
- Drechsler, Ch. Vascular wilt and root-rot of Pansies due to *Aphanomyces* sp. 1934, *Phytopathology*, 24, 7—8.
- Drechsler, Ch. Sources of difficulty in recognizing, identifying, and describing species of *Phycomycetes*. 1935, *Proceedings 6e Intern. Bot. Congr.* 2, 176.
- Edson, H. A. and Shapovalov, M. Potato stem lesions. 1918, *Jour. Agr. Res.* 14, 213—220.
- Elpidina, O. K. On toxins of wilting. 1935, *C. R. Acad. Sci. U. R. S. S., N. S.*, III, 8, 360—364. 1936, *Rev. Appl. Myc.*, 15, 388.
- Endo, S. Studies on the antagonism of microorganism. V. *Hypochnus centrifugus* Tul. and *Sclerotium oryzae-sativae* Sawada as influenced by the antagonistic action of the filtrates of certain fungus antagonists. 1935, *Bull. of Myazaki Coll. of Agr. and Forestry* 8.
- Esmarch, F. Der Wurzeltöter (*Rhizoctonia violacea*). 1927, *Die kranke Pflanze*, 4, 4—6. 1927, *Rev. Appl. Myc.*, 6, 237.
- Fahmy, T. The production by *Fusarium solani* of a toxic excretory substance capable of causing wilting in plants. 1923, *Phytopathology*, 13, 543—550.
- Fawcett, H. S. The importance of investigations on the effects of known mixtures of microorganisms. 1931, *Phytopathology*, 21, 545—550.
- Feekes, F. H. Onderzoekingen over schimmelziekten van bolgewassen. 1931, diss. Utrecht.
- Fedotova, T. S. A biochemical method for the determination of parasitism in the genus *Fusarium*. 1936, *Rev. App. Myc.* 15, 456.
- Fischer, E. und Gäumann, E. 1929. Biologie der pflanzenbewohnenden parasitischen Pilze.
- Flachs, K. 1931. Krankheiten und Parasiten der Zierpflanzen.
- Greig-Smith, R. Contributions to our knowledge of soil fertility. IV. The agricere and bacteriotoxins of soil. 1911, *Proc. Linn. Soc. New. South Wales* 36, 679—699.

- Greig-Smith, R. Contributions to our knowledge of soil fertility. XIII. The toxicity of soils. 1915, Proc. Linn. Soc. New South Wales 40, 631—645.
- Greig-Smith, R. Contributions to our knowledge of soil fertility. XV. The action of certain micro-organisms upon the numbers of Bacteria in the soil. 1917, Proc. Linn. Soc. New South Wales 42, 162—166.
- Hartley, C. Damping-off in forest nurseries. 1921, U. S. Dept. Agr. Prof. Paper Bull. 934.
- Harvey, C. C. Studies in the genus *Fusarium*. VII. On the different degrees of parasitic activity shown by various strains of *Fusarium fructigenum*. 1929, Ann. Bot. 43, 245—259.
- Haskell, R. J. *Fusarium* wilt of potato in the Hudson River Valley, New York. 1919, Phytopathology, 9, 223—260.
- Haymaker, H. H. Relation of toxic excretory products from two strains of *Fusarium lycopersici* Sacc. to tomato wilt. 1928, Journ. Agr. Res. 36, 697—719.
- Henry, A. W. The natural microflora of the soil in relation to the foot-rot problem of wheat. 1931, Canad. Journ. Res., 4, 69—77.
- Hursh, C. R. The reactions of plant stems to fungous products. 1928, Phytopathology, 18, 603—610.
- Janova, N. Determination of the parasitic properties of some *Fusarium* species parasitising wheat by their amine nitrogen production. 1935, Summ. Sci. Res. Wk. Inst. Pl. Prot. Leningr., 496—498. 1937, Rev. Appl. Myc. 115, 31.
- Jones, L. R., Johnson, J. and Dickson, J. G. Wisconsin studies upon the relation of soil temperature to plant disease. 1926, Agr. Expt. Sta. Univ. Wisconsin. Mad. Res. Bull. 71.
- King, C. J., Hope, C. and Eaton, E. D. Some microbiological activities affected in manurial control of cotton root-rot. 1934, Journ. Agr. Res., 49, 1093—1107.
- King, C. J. A method for the control of cotton root-rot in the irrigated South West. 1937, U. S. Dept. Agr. Washington D. C. 425.
- Lathrop, E. C. The generation of aldehydes by *Fusarium cubense*. 1917, Phytopathology 7, 14—16.
- Lewis, J. M. Bacterial antagonism with special reference to the effect of *Pseudomonas fluorescens* on spore forming bacteria in soils. 1929, Jour. Bact. 17, 89—103.
- Linford, M. B. Studies of Pathogenesis and Resistance in Pea wilt caused by *Fusarium orthoceras* var. *pisi*. 1931, Phytopathology, 21, II, 797—826.
- van Luijk, A. Antagonisme van grondorganismen tegenover grasparasieten. 1935, Verg. Ned. Bot. Ver. Afd. Phytopath. Baarn (not published).
- Lutz, C. Über den Einfluß gebrauchter Nährlösungen auf Keimung und Entwicklung einiger Schimmelpilze. 1909, Ann. Myc. 7, 91—133.
- Meurs, A. Wortelrot, veroorzaakt door schimmels uit de geslachten *Pythium* Pringsheim en *Aphanomyces* de Bary. 1928, diss. Utrecht.
- Millard, W. A. and Taylor, C. B. Antagonism of microorganisms as the controlling factor in the inhibition of scab by green manuring. 1927, Ann. Appl. Biol., 14, 202—216.
- Okunuki, K. Weitere Beobachtungen über die Adsorptionsverhältnisse der von Rosahafen gebildeten Wachstumsstoffe. 1934, Bot. Mag. 48, 443—451.
- Porter, C. L. Concerning the characters of certain fungi as exhibited by their growth in the presence of other fungi. 1924, Amer. Jour. Bot., 11, 168—188.
- Pratt, C. A. The staling of fungal cultures. I. General and chemical investigation of staling by *Fusarium*. 1924, Ann. Bot., 38, 563—594, 599—615.
- McRae. Reports of the Imperial Mycologist. 1931, Sci. Repts. Imper. Inst. Agr. Res. Pusa, 73—86. 1932, Rev. Appl. Myc., 11, 426.
- Rathbun-Gravatt, A. Direct inoculation of coniferous stem with "damping-off" fungi. 1925, Jour. Agr. Res. 30, 327—339.

- Reddick, D. Diseases of the violet. 1913, Mass. Hort. Soc. Transact., 85—102.
- Reinhardt, M. O. Wachstum der Pilzhyphen. 1892, Jahrb. Wiss. Bot. 23, 479—563.
- Reinking, O. A. Soil and *Fusarium* diseases. 1935, Zentralbl. f. Bact., 91, II, 243—255.
- Rosen, H. R. Efforts to determine the means by which the cotton-wilt fungus, *Fusarium vasinfectum*, induces wilting. 1926, Jour. Agr. Res. 33, 1143—1162.
- Salmon, E. S. and Ware, N. M. Reports from the Mycological Department. 1930, Journ. South-Eastern Agr. Coll. Wye, Kent 27, 87—96.
- Sanford, G. B. Some factors affecting the pathogenicity of *Actinomyces scabies*. 1926, Phytopathology, 16, 525—547.
- Sanford, G. B. and Broadfoot, W. C. Studies of the effects of other soilinhabiting microorganisms on the virulence of *Ophiobolus graminis* Sacc. 1931, Sci. Agr. 11, 512—528.
- Schaffnit, E. und Lüdtkke, M. Über die Bildung von Toxinen durch verschiedene Pflanzenparasiten. 1932, Ber. D. Bot. Ges. 50, 444—463.
- Solberg, L. Syke Stedsmorsblomster. 1926, Havedyrkningens Venners Medlemsskrift, H. 2.
- Thaxter, R. Fungus in violet roots. 1891, Conn. Agr. Expt. Sta. Ann. Rpt., 166—167.
- Tims, E. C. An actinomycete antagonistic to a *Pythium* root parasite of sugar cane. 1932, Phytopathology, 22, 27.
- Togashi, K. Three *Fusaria* which cause the wilt disease of pea. 1928, Jap. Jour. Bot. 4, no. 2, 153—188, Tokyo.
- Vanterpool, T. C. Toxin formation by species of *Pythium* parasitic on wheat. 1933, Proc. World's Grain Exp. and Conf. Canada, 2, 294—298.
- Vanterpool, T. C. Studies on browning root-rot of cereals. 1935, Canad. Jour. Res. C., 13, 220—250.
- Vasudeva, R. S. Studies in the physiology of parasitism. XI. An analysis of the factors underlying specialization of parasitism, with special reference to the fungi *Botrytis allii* Munn. and *Monilia fructigena* Pers. 1930, Ann. Bot. 44, 469—493.
- Vasudeva, R. S. Studies in the physiology of parasitism. XII. On the effect of one organism in reducing the parasitic activity of an other. 1930, Ann. Bot., 44, 557—564.
- Waksman, S. M. Associative and antagonistic effects of microorganisms. I. Historical review of antagonistic relationships. 1937, Soil Sci., 43, 51—68.
- Waksman, S. M. Associative and antagonistic effects of microorganisms. II. Antagonistic effect of microorganisms grown on artificial substrates. 1937, Soil Sci., 43, 69—76.
- v. d. Veen, R. Onderzoekingen over tracheomycosen. 1930, diss. Utrecht.
- Weindling, R. *Trichoderma lignorum* as a parasite of other soil fungi. 1932, Phytopathology, 22, 837—845.
- Weindling, R. Studies on the lethal principle effective in the parasitic action of *Trichoderma lignorum* on *Rhizoctonia solani* and other soil fungi. 1934, Phytopathology 24, 1153—1179.
- Went, F. A. F. C. De loop van de vorming van diastase bij *Aspergillus niger*. 1918, Verl. K. Ak. v. W. Gew. Verg. Wis- en Natuurk. Afd.
- White, R. P. Studies on tomato wilt caused by *Fusarium lycopersici* Sacc. 1927, Jour. Agr. Res., 34, 197—239.
- Wilbrink, G. The need of uniform terms in plantimmunology. 1935, Proceedings 6e Intern. Bot. Congr., 2, 204.
- Wolf, F. A. A *Fusarium* disease of the pansy. 1910, Mycologia, 2, 19—22.
- Wollenweber, H. W. Pilzparasitäre Welkekrankheiten der Kulturpflanzen. 1913, Ber. D. Bot. Ges., 31, 17—33.
- Wollenweber, H. W. und Reinking, O. 1935. Die Fusarien.

Über die Zusammenhänge zwischen Braunmarkigkeit (Hohlherzigkeit) und Wuchsform der Kartoffelknollen.

Von

Hans Wenzl.

Mit 7 Abbildungen.

Eine ausgeprägte Eigenart der für Speisezwecke sehr geschätzten Kartoffelsorte „Böhms Allerfrüheste Gelbe“ ist das häufige Auftreten von Nekrosen im Mark der Knollen und die damit zusammenhängende Ausbildung von Hohlräumen. Wie durch verschiedene Veröffentlichungen bekannt wurde und auch aus dem folgenden Zahlenmaterial hervorgeht, tritt diese als Braunmarkigkeit und Hohlherzigkeit bezeichnete Erkrankung mitunter so stark auf, daß durch die Minderung des Speisewertes beträchtliche Verluste entstehen.

Hinsichtlich der für die Praxis wichtigen Frage der Erkennbarkeit von Hohlherzigkeit und Braunmarkigkeit nach äußeren Knollenmerkmalen scheint in Praktikerkreisen weit verbreitet die Ansicht zu herrschen, daß eine solche Erkennung nicht möglich ist. In der Fachliteratur wurde zu dieser Frage nur vereinzelt Stellung genommen. Link und Ramsey, 1932, bemerken in einer zusammenfassenden Darstellung der Knollenkrankheiten der Kartoffel in Amerika, daß „hollow heart“ (Hohlherzigkeit) äußerlich nicht erkennbar sei. In einer anderen amerikanischen Mitteilung (Nebraska Agric. Exp. Stat. Ann. Rep., 1927) wird allerdings hervorgehoben, daß diese Erscheinung besonders stark bei Knollen auftritt, die Zwiewuchs und Schalenrisse aufweisen oder „spindle tuber“-krank sind. Auch sonst finden sich in amerikanischen Arbeiten (z. B. bei H. O. Werner, 1927) Angaben über Zusammenhänge von Hohlherzigkeit und Spindelknollen-Viruskrankheit. Die angeführten Mitteilungen beziehen sich jedoch ausschließlich auf amerikanische Sorten, vor allem auf „Russet rural“. Was insbesondere „Böhms Allerfrüheste Gelbe“ betrifft, gibt Gigante noch 1935 an, daß braunmarkige oder hohle Knollen von gesunden nach äußeren Merkmalen nicht zu unterscheiden seien. Doch beschäftigte sich schon Rothmaler 1931 mit dieser Frage und betont, daß kranke Kartoffeln länger und dicker seien als gesunde und an der tiefen Augenlage und den starken Augenwülsten erkannt werden können.

Bezüglich der kleinen Knollen, die innen hohl oder braun sind, schreibt er, daß die Abweichungen von der Normalform geringer als bei großen sind. Herznekrose zeige sich übrigens nur an solchen kleinen Kartoffeln, die durch Liegen an der Erdoberfläche ergrünt sind oder die selbst oder deren Stolonen bei der Bodenbearbeitung eine Beschädigung erlitten haben. Weiter soll diese Erkrankung auch mit starkem Schorfbefall, vor allem mit Tiefschorf in Zusammenhang stehen.

In der Praxis wäre es recht wichtig, verlässliche äußere Merkmale einer Erkrankung des Markes zu kennen, um eine Auswahl für die Schnittprobe zu ermöglichen. Die Unterschiede im Verhältnis Länge: Breite: Dicke zwischen gesunden und kranken Kartoffeln sind jedenfalls — wie schon aus den Angaben Rothmalers ersichtlich — im allgemeinen zu gering, als daß sie für sich allein eine praktische Auswertung zuließen. Über die Frage der Unterscheidbarkeit nach Wuchsform und Augenlage aber sind keine zahlenmäßigen Angaben, die allein einen Schluß auf die Verlässlichkeit dieser Merkmale ermöglichen, vorhanden.

Da die vorliegenden Untersuchungen über die Zusammenhänge zwischen der Knollenform und dem Auftreten von Herznekrosen ausschließlich an „Böhms Allerfrüheste Gelbe“ ausgeführt wurden, haben die Ergebnisse — zumindest vorerst — auch nur für diese Sorte Geltung. Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Wuchsform tatsächlich einen Rückschluß auf das Vorhandensein oder Fehlen von Herznekrosen zuläßt und daß eine starke Ausbildung der Augenwülste und eine tiefe Augenlage in einer für praktische Zwecke ausreichenden Häufigkeit Zeiger dafür sind, daß Hohlherzigkeit oder Braunmarkigkeit vorliegt. Das geprüfte Material ist teilweise das gleiche, an dem die Untersuchungen über die Entstehung der Hohlherzigkeit ausgeführt wurden (Wenzl, 1937). In dieser Arbeit finden sich auch nähere Angaben über das Krankheitsbild.

1. Untersuchungen über den Zeigerwert von Augenlage und Wulstbildungen.

Für die gesunden Knollen von „Böhms Allerfrüheste Gelbe“ ist eine flache rundlich-ovale Form charakteristisch; das Verhältnis von Länge (Nabel-Kronenende) zu Breite (Flankenabstand) zu Dicke (Bauch-Rücken) beträgt nach den Messungen Klapps an Knollen von 3,5—8 cm Länge 97:100:79. Die Augenlage ist als ausgesprochen flach zu bezeichnen. Die Abbildungen 2 und 4 (a) zeigen die Normalform dieser Sorte, Kartoffeln mit Herznekrose sind, wie die Abbildungen 1, 3 und 4 (c und d) erkennen lassen, meist sehr unregelmäßig ausgebildet. Die Augen liegen infolge wulstartiger Auftreibungen der angrenzenden Bezirke tief eingesenkt und die Augenbögen treten scharf hervor. Ganz besonders ausgeprägt ist die Wulstbildung am Nabelende; meist entstehen hier zwei sehr ungleich große Buckel. Diese veränderte Knollenform kommt durch

ein ungleichmäßiges Dickenwachstum zustande: nicht die ganze Knollenoberfläche, sondern nur die Teile unterhalb der Augen wachsen weiter. Große Kartoffeln, bei denen infolge von Gewebespannungen durch ein ungleichmäßiges Wachstum Risse auftreten (Abb. 4 d), zeigten stets auch die typische äußere Erscheinungsform hohlherziger Knollen und waren in allen Fällen krank. Doch sind solche Schalenrisse durchaus nicht sehr häufig und können auch bei sehr großgewachsenem hohlherzigen Material vollständig fehlen.

Bei den vergleichenden Untersuchungen über die Zusammenhänge zwischen Wuchsform und Gesundheitszustand des Knolleninnern prüfte



Abb. 1.

Die beiden Hälften einer hohlherzigen Knolle von „Böhms Allerfrüheste Gelbe“. Starke Wulstbildung an der tiefen Augenlage im oberen Teil gut zu erkennen.

ich einerseits (a) verschiedene Herkünfte aus Gebieten, in denen erfahrungsgemäß die Hohlherzigkeit überhaupt nicht auftrat, auf das Vorkommen von Kartoffeln mit krankheitsverdächtigem Aussehen. Andererseits (b) wurde an mehreren Proben mit einem ziemlich hohen Hundertsatz kranker Knollen eine Erkennung des Gesundheitszustandes nach der Wuchsform versucht und der Anteil richtiger und falscher Bestimmungen festgehalten.

a) Vier verschiedene Herkünfte von je mehreren 100 kg Kartoffeln wurden genau auf das Vorkommen krankheitsverdächtigter Formen durchgesucht; es waren jedoch auch unter den großen keine vorzufinden, die tiefe Augenlage oder wulstartige Auftreibungen gezeigt hätten. Die Schnittprobe erfolgte bei jeder Gruppe an etwa 50 der größten (faustgroßen) Kartoffeln; in keinem Fall konnte Braunmarkigkeit festgestellt werden. Auch weitere sieben Herkünfte, die keine krankheitsverdächtigen Knollen enthielten, erwiesen sich bei der stichprobenweisen Prüfung der größten

Exemplare völlig gesund. Wenn diese in einer der Herkunft nach einheitlichen Probe gesund befunden werden, ist mit Sicherheit anzunehmen, daß es auch die kleineren sind. Mitunter trat Zwiewuchs auf; in diesen Fällen war Braunmarkigkeit nicht vorhanden. Nach den Erfahrungen an teilweise krankem Material aber ist es nicht ausgeschlossen, daß selbst völlig gesund aussehende Knollen, zumindest unter den großen, zu einem geringen Prozentsatz Braunmarkigkeit zeigen.

b) Die Möglichkeit, die Wuchsform zur Unterscheidung gesunder und kranker Kartoffeln zu verwenden, wurde an mehr als 6500 Knollen von vier verschiedenen Herkünften der Ernten 1936 und 1937 aus zwei weit-



Abb. 2.

Drei gesunde Knollen. 5—6 cm groß.

Je zwei übereinander liegende Hälften gehören zusammen.

entfernten Gebieten untersucht. Außerdem war an weiteren 10 Proben Gelegenheit zur stichprobenweisen Prüfung (Schnittprobe an je etwa 100 Stück).

Die Untersuchung der vier großen Proben, von denen jede über 1200 Knollen umfaßte, erfolgte nach Gewichtsklassen (bei den Proben A, B und C) bzw. Größenklassen (Probe D) getrennt. Mit den großen beginnend wurden in jeder Klasse zuerst die typisch gesund und die typisch krank aussehenden und zuletzt die „fraglichen“ Knollen gewertet und stets sofort auch zerschnitten. Diese letztere Gruppe fraglicher Zugehörigkeit, die keine ausgeprägten Merkmale aufweist und in der Wuchsform eine Zwischenstellung einnimmt, war im allgemeinen so ausgewählt, daß nach dem Ergebnis der Schnittprobe je die Hälfte gesund und krank

war. In der folgenden tabellarischen und graphischen Wiedergabe sind diese „fraglichen“ Knollen stets zu den „wahrscheinlich kranken“ gerechnet, während als „wahrscheinlich gesund“ nur jene bezeichnet sind, die die typisch normale Wuchsform aufweisen.

Unter der Bezeichnung „krank“ werden nicht nur hohle oder deutlich braunmarkige Knollen verstanden, sondern auch solche, die bloß punktartig verstreute bräunliche Stellen im Mark aufweisen, einzelne tote Zellen oder Zellgruppen, die jedoch noch mit freiem Auge erkennbar sind. Da solche geringfügige Nekrosen des Knollenzentrums durchaus nicht immer an den Schnittflächen bei Halbierung der Knollen kenntlich sind, wurden

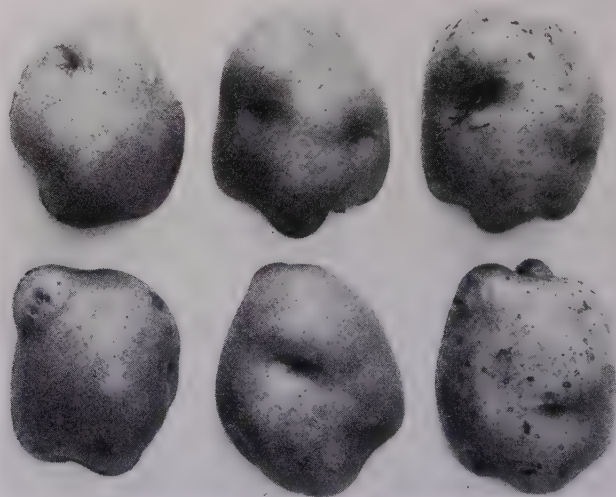


Abb. 3.

Drei Knollen mit Braunmarkigkeit. 5—6 cm groß.
Je zwei übereinander liegende Hälften gehören zusammen.

bei gesund erscheinenden stets noch einige Schichten abgetragen, um die Sicherheit zu besitzen, tatsächlich den Gesundheitszustand des gesamten Markes erfaßt zu haben.

Probe A umfaßt insgesamt 2515 Knollen im Gewichte von 224 kg, die gesamte Ernte von 270 Stauden. Davon waren die unter 1 Dekagramm¹⁾ Gewicht (106 Stück) durchwegs gesund; sie finden in der Zusammenstellung keine Berücksichtigung. Von den 2409 Stück über 1 dkg waren 733 (30,4 %) krank. 30—40 dkg schwere (9,5—12 cm Durchmesser) waren zu 87 % hohl oder braunmarkig, die kleinen von 1—4 dkg Gewicht bloß zu etwa 6 %.

Probe B, 1449 Knollen (1393 Stück über 1 dkg) im Gewichte von 177 kg, die gesamte Ernte von 223 Stauden zeigte mit bloß 13,9 % einen

¹⁾ 1 Dekagramm (dkg) = 10 g.

deutlich geringeren Anteil kranker Knollen als die anderen untersuchten Herkünfte. Die 56 Stück unter 1 dkg Gewicht, die alle völlig gesund waren, bleiben in der Zusammenstellung unberücksichtigt. In der Gewichtsklasse von 30—40 dkg waren 52% krank, Kartoffeln von 1—4 dkg zeigten nur zu etwa einem halben Prozent Braunmarkigkeit.

Tabelle 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Gewichtsklassen dkg	Gesamtzahl der Knollen	Zahl der kranken Knollen	Anteil der kranken Knollen %	Gesunde Knollen unter den mit krankheits- verdächtiger Wuchsform %	Kranke Knollen unter den mit gesunder Wuchsform %	Unrichtig bezeichnete kranke Knollen bezogen auf die Zahl der kranken Knollen %	Unrichtig bezeichnete gesunde Knollen bezogen auf die Zahl der gesunden Knollen %	Unrichtige Diagnosen bezogen auf die Gesamt- zahl der Knollen %

Probe A: 2409 Knollen über 10 g (außerdem 106 Stück unter 10 g, die sämtlich gesund sind, in der Aufstellung aber unberücksichtigt bleiben).

30—40	15	13	87	13,3	—	0	100	13,3
20—30	108	88	81,5	10,3	48	11,4	45	17,6
14—20	324	199	61,5	19,3	45	39	23	33,5
10—14	453	185	41	27,5	29	52	12,7	29
7—10	445	129	29	28,5	20,5	59	6,7	22
4—7	583	89	15,3	39	10,4	62	4,5	13,2
1—4	481	30	6,2	37	3,9	60	1,6	5,2
	2409	783	30,4	23,7	17,7	45,4	7,4	19

Probe B: 1393 Knollen über 10 g (außerdem 56 Stück unter 10 g, die sämtlich gesund sind, in der Aufstellung aber unberücksichtigt bleiben).

40—60	23	11	48	45	0	0	75	39
30—40	29	15	52	26	10	6,7	36	21
20—30	154	50	32,5	37	12,8	24	21	22
14—20	257	50	19,5	43,5	7,7	30	13	16,3
10—14	241	36	14,9	54,5	8,1	44,5	11,7	16,6
7—10	228	24	10,5	35,5	2	16,7	5,4	6,6
4—7	248	6	2,4	73	1,3	50	3,3	4,4
1—4	213	1	0,47	67	0	0	0,94	0,94
	1393	193	13,9	43	4,5	26,4	9	11,4

Probe C: 1203 Knollen.

20—30	25	21	84	6,3	67	28,5	25	28
17—20	50	29	58	30	42,5	34,5	38	36
15—17	65	40	61,5	6,5	32,5	27,5	8	20
13—15	104	53	51	33	32,5	30	35	33
11—13	204	97	47,5	28	23	25	26	25,5
9—11	187	64	34	43	16,2	26,5	28,5	28
7—9	165	40	24	37	12,6	40	11,2	18,2
5—7	191	33	17,3	50	12	60,5	8,2	17,3
3—5	203	13	6,4	37,5	1,6	23	3,2	4,4
1—3	9	0	0	—	0	0	0	0
	1203	390	32,4	32	15	31,5	15,4	20,6

Probe C, 1203 Stück von 1—30 dkg Gewicht, entspricht in der Größenzusammensetzung nicht völlig einer normalen Ernte, da die ganz großen Knollen (hauptsächlich die über 20 dkg) und die ganz kleinen (unter 3 dkg) zum Großteil aussortiert worden waren. Die mittleren Größenklassen sind jedoch im Normalverhältnis vorhanden. Bei dieser Probe trat Hohlherzigkeit und Braunmarkigkeit sehr stark auf; im Durchschnitt waren 32,4 % krank.



Abb. 4.

Gesunde und kranke Knollen. 10—12 cm lang.
a = gesunde Knolle mit normaler Form. b = Zwischenform (hohlherzig). c und d = hohlherzige Knollen mit typischen äußeren Krankheitssymptomen.

Probe D umfaßt 1632 nach der Wuchsform krankheitsverdächtige Knollen aus einer Ernte von insgesamt 18525 Kartoffeln. 1604 Stück konnten nach Größenklassen getrennt untersucht werden. 76 % davon waren tatsächlich nekrosekrank.

Der Anteil kranker Knollen steigt mit deren Gewicht regelmäßig an (Tabelle 1 und Abbildung 7); einzelne Abweichungen bei den höheren Gewichtsklassen erklären sich durch die verhältnismäßig geringe Zahl der geprüften Knollen, wodurch nicht immer richtige Durchschnittswerte erzielt werden. Die Herkünfte A, B und C wurden im Zusammenhang mit anderen Untersuchungen in je 4 bis 6 Teilen geprüft; dabei waren die Unregelmäßig-

keiten infolge der entsprechend kleineren Zahlen noch bedeutend stärker ausgeprägt. Probe A, die das größte Material umfaßt, zeigt die Gesetzmäßigkeiten hinsichtlich des Auftretens und der Erkennbarkeit nekrosekranker Kartoffeln am klarsten.

Nach den Werten in Spalte 5 (Tabelle 1) und Spalte 3 (Tabelle 2) ist eine krankheitsverdächtige Wuchsform im allgemeinen bei großen Knollen eher ein Zeiger für Braunmarkigkeit und Hohlherzigkeit als bei den kleinen; andererseits ist eine normale äußere Form gerade unter den kleineren sicherer für diagnostische Zwecke auszuwerten (Spalte 6, Tabelle 1). Gesunde Kartoffeln mit „kranker“ Wuchsform sind unter den kleinen weit

häufiger als unter den großen (Spalte 5 bzw. Spalte 3), während Knollen mit normalem, sortentypischem Aussehen in den unteren Gewichtsklassen nur selten, in den oberen recht häufig Herznekrose aufweisen (Spalte 6).

Tabelle 2.

Probe D, 1604 nach der Wuchsform krankheitsverdächtige Knollen
(von insgesamt 18525 Stück); 412 sind gesund, 1192 krank (74,3 %).
 (Längenangabe: z. B. „4 cm“ bedeutet 3,75 bis 4,75 cm usw.)

1	2	3
Länge der Knollen in Zentimeter	Zahl der nach der Wuchsform krankheitsverdächtigen Knollen	Gesunde Knollen unter den krankheits- verdächtigen in Prozenten
12	12	16,5
11	15	20
10	53	9,5
9	142	10,5
8	260	14,5
7	439	24
6	436	30
5	196	44
4	51	51
Summa	1604	25,7

Zur Erklärung dieser Verhältnisse kann darauf verwiesen werden, daß Braunmarkigkeit und Hohlherzigkeit mit sekundär einsetzenden Wachstumsprozessen, die meist zur Ausbildung der charakteristischen Wülste unter den Augen führen, in eindeutigen und offensichtlichen Zusammenhang stehen. Diese Wachstumsvorgänge sind hinsichtlich der zugrunde liegenden Stoffwechselprozesse insofern als abnorm zu bezeichnen, als die dazu benötigten Substanzen nicht oder zumindest nicht zur Gänze von außen durch die Stolonen neu zugeleitet werden, sondern ganz oder zum Teil aus dem Zentrum der Knollen selbst stammen: Denn als Vorstadium der Braunmarkigkeit tritt im Mark stets eine Auflösung der Reservestärke ein; weiterhin kommt es meist zu Nekrosen, zu einer Abkapselung des toten Gewebes und schließlich zur Ausbildung eines Hohlraumes. Bei kleinen Kartoffeln können als Folge sekundärer Wachstumsprozesse typische Augewülste entstehen, ohne daß im Mark die Abbauprozesse so weit fortschreiten, daß Nekrosen auftreten, vermutlich weil im Hinblick auf die (im Verhältnis zu den großen Knollen) relativ kleine Oberfläche der Substanzverbrauch für die Wachstumsprozesse verhältnismäßig gering ist. Vielleicht spielt jedoch auch die Nährstoffzuleitung durch die Stolonen bei kleinen Knollen für die sekundären Wachstumsvorgänge eine bedeutendere Rolle als bei den großen. — So kommt es, daß kleine und mittelgroße Kartoffeln mit krankheitsverdächtigem Wuchsform häufig zu einem Drittel oder sogar

zur Hälfte gesund sind. Bei großen Knollen dagegen tritt, wohl durch die große Oberfläche bedingt, schon bei verhältnismäßig geringfügigen Wulstbildungen ein Entzug relativ bedeutender Mengen Reservestoffe aus der Knollenmitte und in der Folge Braunmarkigkeit und Hohlherzigkeit ein. Auch ist unter großen Kartoffeln, selbst wenn sie anscheinend gesund gewachsen oder bloß etwas dicker sind als es der Normalform entspricht, Herznekrose sehr häufig. Die sekundären Wachstumsprozesse brauchen eben nicht unbedingt an bestimmten Stellen der Knollen lokalisiert zu sein — etwa an den Teilen unter den Augen, wie es allerdings die Regel ist — sondern können mehr oder minder normal verlaufen, führen aber dennoch infolge der damit verbundenen Substanzverlagerungen zur Ausbildung der Marknekrosen. Daß diese Absterbeprozesse im Mark der Kartoffeln nicht etwa bloß als Ausdruck gestörter Atmungsprozesse gelten können, sondern in Zusammenhang mit Wachstumsvorgängen stehen, ist auch daraus ersichtlich, daß Hohlherzigkeit und Braunmarkigkeit schon in der in Entwicklung begriffenen Knolle entstehen und von einer Verstärkung der Erscheinung am Lager nichts bekannt ist.

Geht man nicht von der Wuchsform und der Zahl der Fälle aus, in denen „gesundes“ und „krankes“ Aussehen tatsächlich den Zustand des Markes zu erkennen erlaubt, sondern betrachtet die Zahl der richtig bzw. falsch erkannten gesunden und kranken Knollen in den einzelnen Größenklassen, so ergibt sich, daß für die Kartoffeln mit Herznekrose der Prozentsatz der nicht richtig erkannten um so höher ist, je kleiner sie sind — in der Gewichtsklasse von 4—7 dkg rund 50 % Fehler (Tabelle 1, Spalte 7). Bei den gesunden verhält es sich umgekehrt; die kleinsten Knollen werden nahezu ausnahmslos richtig als gesund erkannt, unter den ganz großen dagegen wurde die Hälfte der gesunden nach der abnormen Wuchsform irrtümlich als krank bezeichnet (Spalte 8). Dies steht in scheinbarem Gegensatz zur Feststellung im vorigen Absatz, daß einerseits Knollen mit gesundem Aussehen gerade in den niederen Gewichtsklassen in der überwiegenden Mehrzahl tatsächlich gesund sind und andererseits eine „kranke“ Wuchsform vor allem bei großen Knollen mit hoher Sicherheit Zeiger von Herznekrose ist, während kleine Kartoffeln trotz eines kranken Aussehens zum überwiegenden Teil gesund sind.

Die großen Fehler beim Versuch der Erkennung von Knollen mit Herznekrosen in den niederen Gewichtsklassen hängen mit folgenden Umständen zusammen: Der Anteil kranker Knollen bezogen auf die Gesamtzahl ist bei kleinen Kartoffeln relativ sehr gering, die gesunden und gesund aussehenden überwiegen bei weitem. Trotz des geringen Prozentsatzes kranker Knollen mit sortentypischem Äußeren ist im Zusammenhang mit der großen Zahl von Kartoffeln mit normaler Form die Gesamtzahl der kranken Exemplare mit gesundem Aussehen größer als die Zahl der krank aussehenden, die tatsächlich zu einem sehr hohen Hundertsatz

herznektotisch sind. Dies erklärt den hohen Fehler bei der Erkennung kleiner Knollen mit Herznektose. Noch ein zweiter Umstand ist zu berücksichtigen: Bei kleineren Knollen sind im allgemeinen die Unterschiede zwischen gesunden und kranken in der äußeren Wuchsform weniger ausgeprägt als bei mittelgroßen von etwa 10—15 dkg Gewicht.

Zur Erklärung des mit der Größe bzw. mit dem Gewicht steigenden Anteiles unrichtig bezeichneter gesunder Knollen muß auf die relativ hohe Zahl kranker bzw. krank aussehender Kartoffeln in den höheren Gewichtsklassen hingewiesen werden, so daß trotz des Umstandes, daß von den großen mit kranker Wuchsform nur ein kleiner Anteil gesund ist, die Erkennung gesunder Knollen nach ihrer Form unter den großen mit einem bedeutenderen Fehler behaftet ist als unter den kleinen. Die Verhältnisse liegen analog wie bei den unrichtig gewerteten kranken Kartoffeln von geringer Größe (voriger Absatz).

Die wesentlichen, nicht durch das sehr verschieden häufige Auftreten der Herznektosen in den einzelnen Größenklassen verschleierte Ergebnisse hinsichtlich der Verwertbarkeit der Wuchsform für diagnostische Zwecke kommen in dem Prozentsatz tatsächlich gesunder (bzw. kranker) Knollen unter denen mit krankem (bzw. gesundem) Aussehen zum Ausdruck (Spalten 5 und 6 von Tabelle 1 und

Abb. 5 und 6). Auch die Zahlen der Tabelle 2 ergeben mit voller Klarheit — den Werten der Spalte 5, Tabelle 1, entsprechend —, daß unter den kleinen Knollen mit krankheitsverdächtiger Wuchsform relativ mehr gesunde Exemplare sind als unter den großen. Für die Proben B und C lassen sich zwar im Wesen die gleichen Gesetzmäßigkeiten erkennen wie bei Probe A, doch zeigen sich, wohl durch die geringere Zahl der untersuchten Knollen bedingt, größere Schwankungen. Aus den Abb. 5 und 6 ist ersichtlich, daß gerade bei Probe B, die im Vergleich zu den anderen Herkünften einen verhältnismäßig geringeren Anteil kranker Kartoffeln aufweist, einerseits der Prozentsatz gesunder Knollen mit krankheitsverdächtigem Wuchs sehr hoch ist, andererseits unter den normal gewachsenen sehr wenig kranke vorkommen. Es kann vermutet werden, daß dieses Verhalten eine Eigenheit wenig erkrankter Proben ist.

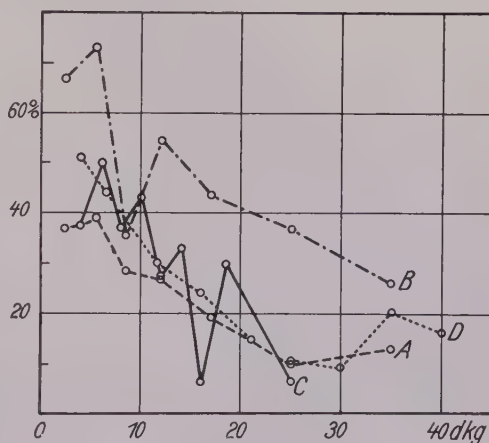


Abb. 5.

Anteil (in Prozenten) gesunder unter den Knollen mit krankheitsverdächtiger Wuchsform in Abhängigkeit von der Knollengröße (in Dekagramm). Für die einzelnen Gewichtsklassen ist ihr Mittelwert eingesetzt. Proben A, B, C und D.

Die in den Spalten 7, 8 und 9 (Tabelle 1) wiedergegebenen Werte können nur unter Berücksichtigung der Häufigkeit gesunder und kranker Knollen in jeder Gewichtsklasse ausgewertet werden. Der Prozentsatz unrichtiger Diagnosen überhaupt (Spalte 9) ist bei den kleinen Kartoffeln verhältnismäßig niedrig, bei den großen deutlich höher. In Probe A zeigt sich für die Knollen von 14—20 dkg ein deutliches Maximum an Fehldiagnosen nach der Wuchsform; bei ganz großen Kartoffeln ist die Erkennungsmöglichkeit wieder günstiger. Im Gesamtdurchschnitt einer Ernte sind gesunde Knollen mit krankheitsverdächtiger Wuchsform häufiger als kranke mit normalem Aussehen. Insgesamt sind die gesunden Kartoffeln

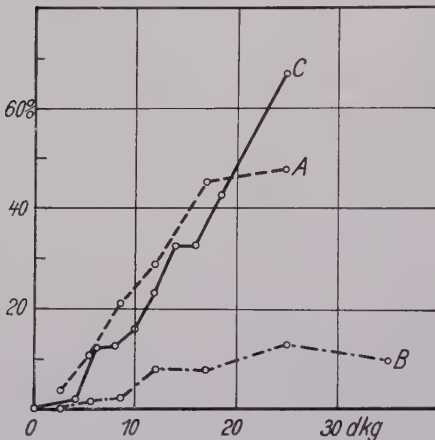


Abb. 6.

Anteil (in Prozenten) kranker unter den Knollen mit „gesunder“ Wuchsform in Abhängigkeit von der Knollengröße (in Dekagramm). Für die einzelnen Gewichtsklassen ist ihr Mittelwert eingesetzt.

Proben A, B und C.

wiegenden Teil tatsächlich krank, während kleinere und mittelgroße normal gewachsene fast stets gesund sind.

Vom Standpunkt des Praktikers interessiert in erster Linie die Erkennbarkeit des Zustandes großer und mittelgroßer Kartoffeln und insbesondere die Möglichkeit, große kranke Exemplare herauszufinden. Beschränkt man sich auf große Knollen von typisch krankem Aussehen, so kann man in mehr als $\frac{9}{10}$ der Fälle mit einer richtigen Diagnose rechnen; greift man unter den großen gesunde und kranke wahllos heraus, so sind bei einiger Übung etwa $\frac{3}{4}$ bis $\frac{4}{5}$ nach der Form richtig zu bezeichnen.

Zu den in den Tabellen niedergelegten Zahlen ist zu bemerken, daß auch die für diagnostische Zwecke schlecht verwertbaren Zwischenformen berücksichtigt sind und daß bei Beschränkung auf typisch krank aussehende Kartoffeln der Zeigerwert der Wuchsform besser zum Ausdruck

mit weit höherer Sicherheit richtig zu erkennen als die kranken (Fehldiagnosen in Prozenten: 7,4 [gesunde] zu 45,4 [kranke], 9 zu 26,4, 15,4 zu 31,5). Insgesamt ergaben sich bei Untersuchung sämtlicher Knollen stark an Herznekrose erkrankter Proben von normaler Größenzusammensetzung 10—20% unrichtige Angaben, zu 80—90% aber ist die äußere Form tatsächlich ein sicherer Zeiger des Gesundheitszustandes des Knollenmarkes.

Bei stichprobenweiser Prüfung weiterer 10 Herkünfte mit häufiger Herznekrose ergeben sich ähnliche Erfahrungen wie an dem genau untersuchten Material A bis D. Kartoffeln mit kranker Wuchsform sind vor allem in den oberen Größenklassen zum über-

kommt. Auch muß bedacht werden, daß ganz wenig braunmarkige Knollen im allgemeinen nur undeutliche äußere Symptome entwickeln und die Berücksichtigung auch dieser Gruppe den Anteil richtiger Diagnosen wesentlich herabsetzt.

2. Der Knollenindex in Beziehung zu Braunmarkigkeit und Hohlherzigkeit.

Rothmaler gibt an, daß die hohlherzigen und braunmarkigen Kartoffeln länger und dicker sind als die gesunden. Der Index sämtlicher von ihm untersuchten gesunden Knollen beträgt 94:100:73, der der nekrosekranken 98:100:81. Die Prüfung erfolgte in den Versuchen Rothmalers derart, daß Proben von 100—200 Stück als Durchschnittsmuster aus den verschiedenen Herkunftten ausgewählt und Länge, Breite und Dicke der gesunden und der kranken Kartoffeln gemessen wurden. Als natürliche Folge dieser Untersuchungsmethode befanden sich die kranken Knollen vor allem unter den größeren, die gesunden unter den kleineren. Da nun die großen relativ länger (und flacher) sind als die kleinen, wäre es durchaus möglich, daß die größere Knollenlänge, die Rothmaler mit der Herznekrose in ursächlichen Zusammenhang bringt, lediglich eine Folge der bedeutenderen Größe der kranken Knollen ist.

Was die beträchtlichere Dicke der Kartoffeln mit Herznekrose betrifft, wurden von mir keine diesbezüglichen Messungen durchgeführt; die beim Zerschneiden vieler tausend Stück gewonnene Erfahrung bestätigt jedoch die Richtigkeit der Rothmalerschen Angaben. Vor allem ist bei den großen Knollen vielfach schon auf Grund der durch das Tastgefühl ermittelten Form die Feststellung möglich, ob sie hohlherzig oder zumindest braunmarkig sind, auch wenn die Oberfläche glatt und die Augenlage flach ist.

Hinsichtlich einer relativ größeren Länge kranker Kartoffeln ergaben sich jedoch keine bestimmten Anhaltspunkte aus der Erfahrung. Es wurden Messungen durchgeführt, deren Ergebnisse in Tabelle 3 zusammengestellt sind. Unbedingte Voraussetzung solcher Untersuchungen ist die getrennte Aufarbeitung nach Größenklassen, die ziemlich eng gefaßt sein sollen, um den Einwand, der gegen die Messungen von Rothmaler erhoben werden muß, auszuschalten. Das Material, das nur 725 Knollen im Gewicht von 7—20 dkg umfaßt, wurde in sechs Gewichtsklassen untersucht. Kartoffeln unter 7 dkg wurden absichtlich unberücksichtigt gelassen, da sich bei ihnen mit Rücksicht auf die geringe Größe ein Meßfehler bereits sehr stark auswirkt.

Selbstverständlich ist das Material zu gering, um allgemein gültige Schlußfolgerungen ableiten zu können. Immerhin zeigen sich einige bemerkenswerte Einzelheiten. Die festgestellten Längenunterschiede sind

jedenfalls nicht sehr bedeutend. Während sich unter den großen Knollen (über 11 dkg) allgemein eine etwas bedeutendere Länge der kranken ergab, waren diese unter den kleineren sogar etwas kürzer als die gesunden. Die allmähliche Abstufung der Längendifferenzen spricht dafür, daß es sich nicht bloß um Zufälligkeiten handelt. Noch ein zweiter Umstand kann in diesem Sinne herangezogen werden: Der Längenunterschied zwischen gesunden und kranken Knollen tritt deutlicher hervor, wenn die bloß ganz schwach braunmarkigen unberücksichtigt bleiben; von diesen ist bereits theoretisch zu erwarten, daß sie zwischen den gesunden und den stark markkranken eine Mittelstellung einnehmen. Die Rothmaler'sche Angabe über die relativ bedeutendere Länge kranker Kartoffeln

Tabelle 3.

1	2	3	4	5
Knollen- gewicht dkg	Zahl der je Größenklasse untersuchten Knollen	Durchschnittliche Knollenlänge in Millimeter		
		Gesunde Knollen. Die eingeklammerte Zahl gibt die größere (+) oder geringere (—) Länge gegenüber den deutlich kranken Knollen (Spalte 4) an	Kranke Knollen (ohne die ganz wenig braun- markigen)	Kranke Knollen (einschließlich der ganz wenig braunmarkigen)
7—9	66	54,1 (+ 0,9)	53,2	53,8
9—11	187	59,9 (+ 0,6)	59,3	58,9
11—13	204	63,8 (— 0,4)	64,2	64,0
13—15	134	66,4 (— 2,5)	68,9	68,3
15—17	77	70,0 (— 2,6)	72,6	71,9
17—20	57	75,7 (— 2,5)	78,2	76,5

trifft also wohl nur für die größeren allgemein zu. Es ist anzunehmen, daß diese Längenunterschiede mit der Ausbildung der Wülste zusammenhängen, deren starke Entwicklung am Nabelende völlig zur Erklärung des Zustandekommens eines Längenunterschiedes von 2—3 mm genügt. An mittelgroßen Exemplaren treten die Nabelwülste ganz besonders deutlich hervor, weniger bei kleineren Knollen, die sich durch die Auftreibungen unter den Augen vor allem verdicken. Dies dürfte auch in der relativ bedeutenderen Länge der großen und der geringeren Länge der kleinen kranken Kartoffeln zum Ausdruck kommen.

Anderseits fiel auf, daß bei der Probe, an der diese Messungen ausgeführt wurden — nicht auch bei anderen — in den oberen Gewichtsklassen nicht selten lange walzliche Formen auftraten. Die bedeutendere Länge der kranken Knollen dürfte zum Teil auch mit dem Überwiegen der lang-walzlichen unter den herznekrotischen zusammenhängen.

Die Unterschiede sind für eine diagnostische Auswertung zu gering; die Frage wurde daher nicht näher verfolgt.

3. Die Ursachen der Braunmarkigkeit bei kleinen Knollen.

Wie eingangs erwähnt, gibt Rothmaler an, daß das Auftreten von Braunmarkigkeit und Hohlherzigkeit unter den kleinen Knollen (von etwa 4—4,5 cm Durchmesser, entsprechend einem Gewicht von etwa 4—5 dkg) durch besondere Ursachen hervorgerufen sei, wie Ergrünen beim Liegen an der Erdoberfläche, Verletzungen, sowie Schorfbildung. An den von mir untersuchten Proben fand sich kein Hinweis auf die Wirksamkeit eines dieser Faktoren, was aber deren gelegentliche Wirkung in anderen Fällen nicht ausschließt. Trotz eines sehr starken Auftretens von Braunmarkigkeit in Knollen dieser untersten Größenklassen ergab sich keinerlei Hinweis auf besondere Ursachen der Herznekrose, die gerade bei kleinen Kartoffeln wirksam wären; bei Muster E z. B. (Abb. 7) waren 7 % der bloß 2—3 dkg schweren und 24 % der 3—5 dkg schweren krank. Schorf trat an dem gesamten Material fast überhaupt nicht auf, die ergrünzten Kartoffeln waren eher zu einem geringeren Hundertsatz hohl oder braunmarkig als die gleichgroßen mit normal gefärbter Schale, und auch von Verletzungen war nichts festzustellen. Im übrigen zeigt die graphische Darstellung des prozentuellen Vorkommens marknekrotischer Kartoffeln in den verschiedenen Größenklassen, daß bei kleinen keine anderen Ursachen wirken als bei großen, da der Kurvenverlauf ein steter ist. Besondere Ursachen, die nur bei kleinen Knollen wirksam wären, müßten sich in einem Knick der Kurve andeuten (Abb. 7).

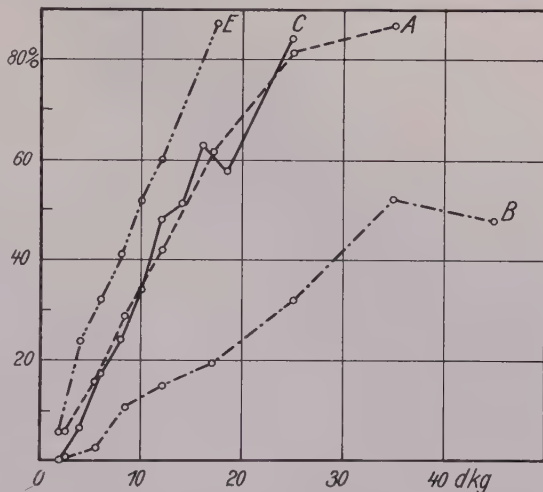


Abb. 7.

Anteil (in Prozenten) kranker Knollen in Abhängigkeit vom Gewicht (in Dekagramm). Für die einzelnen Gewichtsklassen ist ihr Mittelwert eingesetzt.

Proben A, B, C und E.

Es sei an dieser Stelle bloß kurz darauf verwiesen, daß es an Hand der graphischen Darstellung (Abb. 7) möglich sein dürfte, für jede beliebige Kartoffelprobe aus dem Prozentsatz kranker Exemplare einer bestimmten Größenklasse den Anteil für jede andere annähernd zu bestimmen.

Endlich sei auch noch auf einen Umstand aufmerksam gemacht, den die Zahlen der Tabelle 1 und die graphische Darstellung in Abb. 7 deutlich erkennen lassen: Zwischen der maximalen Knollengröße einer Ernte und der Stärke des Auftretens von Hohlherzigkeit und Braunmarkigkeit besteht kein Zusammenhang. Probe B mit extrem großen Knollen (1,7 %

haben ein Gewicht von mehr als 40 dkg) zeigt mit bloß 13,9% den schwächsten durchschnittlichen Befall, während Probe E mit dem Rekordauftreten hohlherziger und braunmarkiger Kartoffeln (41%) überhaupt keine mehr als 20 dkg schweren Knollen enthält. Im übrigen zeigt das häufige Vorkommen sehr großer Knollen in völlig gesunden Proben das gleiche.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

Die Ursache der Braunmarkigkeit und Hohlherzigkeit liegt in abnormen Wachstumsprozessen, die zumindest teilweise unter Verwertung von Reservestoffen erfolgen, die dem Knollenmark entzogen werden. Das sekundäre Wachstum der äußeren Knollenteile findet meist lokalisiert in den Bezirken unterhalb der Augen statt. Mitunter aber erfolgen die Wachstumsprozesse, die zur Braunmarkigkeit führen, in annähernd normaler Weise an der gesamten Knollenoberfläche.

Hohlherzigkeit und Braunmarkigkeit sind vor allem bei großen Knollen mit ziemlicher Sicherheit nach der vom Sortentyp abweichenden Wuchsform zu erkennen: Tiefe Augenlage mit Ausbildung von Wülsten unterhalb der Augen. Bei großen Kartoffeln wirkt sich Herznekrose häufig in einer abnormen Dicke aus. Die Unterschiede in der Knollenlänge genügen für eine diagnostische Verwertung nicht.

Kartoffeln mit krankheitsverdächtiger Wuchsform sind unter den großen zu einem beträchtlicheren Prozentsatz tatsächlich herznekrotisch als unter den kleinen. Trotz annähernd normaler Wuchsform kann bei großen Knollen ein beträchtlicher Teil krank sein.

Aus dem untersuchten Material ergab sich keinerlei Hinweis auf die Auswirkung besonderer Faktoren bei der Ausbildung der Braunmarkigkeit in kleinen Knollen; es sind die gleichen Ursachen wie bei den großen wirksam.

Schriftenverzeichnis.

- Gigante, R. Secondo contributo alle conoscenze della necrosi del cuore dei tuberi di patata. Boll. R. Staz. Pat. Veg., N. S. **15** (1935), 555.
- Link, G. K. K. and Ramsey, G. B. Market diseases of fruit and vegetables. Potatoes. U. S. Dept. Agric. Misc. Publ. Nr. 98, Washington, 1932.
- Plant diseases. Nebraska Agric. Exp. Stat. Ann. Rept., p. 23 (1927).
- Rothmaler, B. Über die Herznekrose bei der Kartoffelsorte „Böhms Allerfrüheste Gelbe“. Dissertation Jena 1931.
- Wenzl, H. Zur Histogenese von Braunmarkigkeit und Hohlherzigkeit der Kartoffelknollen. Phytopathologische Zeitschrift, **10** (1937), 594.
- Werner, H. O. The hollow heart situation in the "Russet rural" potato. 13. Ann. Meet. Potato Assoc. of America 1927. Rev. appl. Myc., **7**, 264.

Die Wirkung tiefer Keimtemperaturen auf den Stickstoffhaushalt junger Weizenkeimblätter.

Von

G. Gaßner und W. Franke.

Keimung bei verschiedenen Temperaturen bedeutet physiologische Ungleichwertigkeit der entstehenden Keimlinge. Bei tiefen Temperaturen herangezogene Pflanzen sind frosthärter als solche bei hohen Temperaturen (Åkerman, 1 u. a.): Keimablauf bei tiefen Temperaturen beeinflusst den späteren Entwicklungsrhythmus der Getreidepflanzen, soweit es sich um Sorten mit „Kältebedürfnissen“, also um Pflanzen handelt, bei denen Schossen und Blütenbildung an die vorhergehende Einwirkung tiefer Temperaturen gebunden sind (Gaßner, 6, 8, 10). Auch pathologische Veränderungen können durch Temperatureinflüsse während der Keimung ausgelöst werden: so führen besonders tiefe Keimtemperaturen unter Umständen zu vorübergehendem oder dauerndem Chlorophyllverlust (Gaßner, 9). Daß bei so energischen Wirkungen der Temperatur auch eine maßgebliche Beeinflussung des Stoffwechsels der Keimlinge vorliegt, kann nicht überraschen; es genügt hier auf die Ergebnisse von Balde (2), sowie vor allem auf die neueren Untersuchungen von Gäumann (13) zu verweisen.

An der Bedeutung der Anzuchttemperatur für die Frage der Frosthärte kann auf Grund eines großen Beobachtungsmaterials kein Zweifel sein (Åkerman, 1; Tumanov, 25 u. a.). Ebenso liegt über die Beeinflussung des Entwicklungsablaufs der verschiedenen Getreideformen durch die Keimungstemperatur aus den letzten Jahren reichliches Beobachtungsmaterial vor; die „Jarowisation“ Lyssenkos ist ja nichts weiter als ein Versuch, die in den älteren Untersuchungen des erstgenannten Verfassers (6, 8, 10) gewonnenen Erkenntnisse der landwirtschaftlichen Praxis nutzbar zu machen (vergl. Harder, 15). Dagegen bedarf die Frage nach einem inneren Zusammenhang der vorerwähnten Erscheinungen sowohl unter sich wie mit den gleichzeitigen chemischen Veränderungen der Keimpflanzen noch der weiteren Prüfung.

Verhältnismäßig klar liegt das Problem der Frosthärte, zum wenigsten insoweit, als wir heute mit Sicherheit den Zuckergehalt der Pflanzen als einen für die Frostresistenz besonders wichtigen Faktor ansprechen können. Nicht nur grüne Getreidepflanzen, sondern auch schon die hier besonders interessierenden jungen Keimlinge weisen je nach Sorte und Anzuchttemperatur deutliche Unterschiede des Zuckergehaltes auf, die der experimentell durch Gefrierversuche festgestellten Frosthärte mehr oder

minder parallel gehen: vor allem steigen mit abnehmender Keimtemperatur sowohl Frosthärte wie Zuckergehalt der Keimlinge deutlich an (Gaßner und Grimme, 7; Balde, 2).

Wesentlich schwieriger liegt die Frage, ob und welche stoffwechselphysiologischen Vorgänge wir für die Beeinflussung des Entwicklungsrhythmus der durch Kältebedürfnisse ausgezeichneten Getreideformen durch die Keimungstemperatur verantwortlich machen müssen. Der erste Versuch, die heute meist als Vernalisierung bezeichnete Erscheinung zu erklären und auf eine Beeinflussung des Stoffwechselhaushaltes durch tiefe Temperaturen zurückzuführen, liegt schon längere Zeit zurück (Gaßner, 8, 1913). Dabei ist von den gleichsinnigen Beziehungen zwischen „Kältebedürfnissen“ und Frosthärte ausgegangen, da die „Kälteansprüche“ der einzelnen Sorten einer Getreideart sichtlich mit Frosthärte in Zusammenhang stehen. — Der ostpreußische Eppweizen ist sehr frosthart und hat die größten Kälteansprüche, der Squarehead ist nicht so frosthart und hat geringere Kälteansprüche, Sommerweizen ist noch viel weniger frosthart und hat die geringsten Kälteansprüche usw.“ (Gaßner, 6, 1910, S. 147). Für weitere Weizensorten hat unlängst K. O. Müller (22, 1936) erneut gefunden, „daß im Durchschnitt die Winterfestigkeit desto größer ist, je stärker der Wintertypus ausgeprägt ist, bzw. je länger die Sorte im Jugendstadium Temperaturen um 0°C ausgesetzt sein muß, um zum Schossen zu gelangen“.

Daß auch Ausnahmen von dieser Regel vorkommen können, die hier aber im Rahmen des Gesamtproblems unberücksichtigt bleiben müssen, geht schon aus den Versuchen der Jahre 1911 und 1912 hervor. Danach verbinden die sogenannten Wechselweizen mit verhältnismäßig hoher Frosthärte einen weitgehenden Mangel an Kältebedürfnissen. Weiter zeigte Heines Kolben S.-W. als ausgesprochener Sommertypus ohne Kältebedürfnisse etwas höhere Frosthärte als der Rote Schlanstedter S.-W., der deutliche Kälteansprüche aufweist (Gaßner, 10, und Frostprüfungen des Gliesmaroder Institutes; bezüglich der relativen Frosthärte von Heines Kolben siehe auch Krüger und Staar, 17). Neuerdings hat auch K. O. Müller (22, 1936) über solche Fälle berichtet und bestätigt, „daß es auch Sommerformen als solche mit geringerem oder gar fehlendem Kältebedarf gibt, die trotzdem eine bemerkenswerte Kälteresistenz besitzen“.

Wenn Frosthärte und Kältebedürfnisse im allgemeinen parallel verlaufen, und wenn nach dem früher Gesagten die bei tiefen Temperaturen angezogenen, kältefesten Pflanzen durch höheren Zuckergehalt ausgezeichnet sind, so besteht die Möglichkeit, die bei niedrigen Anzuchttemperaturen vorliegende Steigerung des Zuckergehaltes zur Erklärung des Vernalisationseffektes heranzuziehen. Zu diesem Zwecke brauchen wir nur von den bekannten Klebsschen Untersuchungen (16 u. a. O.) über die Bedeutung der C-Verbindungen für den Übergang der Pflanze von vegetativem Wachstum zur Blütenbildung auszugehen, um zu der Vorstellung zu kommen, daß die Zuckeranhäufung als Folge der Wirkung tiefer Temperaturen nicht nur die Frosthärte, sondern auch den Entwicklungsrhythmus winterannueller Getreideformen maßgeblich bestimmt (Gaßner, 8, 10).

Diese stoffwechselphysiologische Deutung der Vernalisation ist nun in den neueren einschlägigen Arbeiten stark in den Hintergrund getreten; das Vernalisationsproblem wird heute meist getrennt für sich betrachtet und von der Frosthärtefrage, damit also auch von stoffwechselphysiologischen Wirkungen des Temperaturfaktors abgetrennt.

Wenn wir von den überwiegend spekulativen Betrachtungen Lyssenkos (vergl. Maximov, 18) absehen, die uns der kausalen Lösung des Problems kaum näher gebracht haben, steht in den neueren Untersuchungen das Bemühen im Vordergrund, die Wirkung der Kältebehandlung durch Hormonwirkungen bzw. durch eine Anhäufung von Hormonen infolge tiefer Temperaturen zu erklären. Zu den wertvollsten neueren Arbeiten gehören die unlängst erschienenen Untersuchungen von Gregory und Purvis (14, 24). Auch diese Autoren nehmen eine Beeinflussung der Hormonbildung an, können jedoch gleichzeitig in experimentell einwandfreier Weise durch Versuche mit isolierten Embryonen den Nachweis erbringen, daß es sich unmöglich, wie die bisherigen Forscher glaubten, um Hormone des Endosperms oder der Aleuronschicht handeln kann, und daß insbesondere die von Cholodny (3, 4) aufgestellte Hypothese von der Bedeutung des „Blastenins“ hinfällig ist.

Wir wissen also nunmehr mit Sicherheit, daß die Vernalisation in einer Beeinflussung des Embryos selber besteht. Damit erhalten alle sich im Embryo abspielenden Vorgänge eine besondere Bedeutung für das Vernalisationsproblem; das können natürlich Hormonbildungsprozesse im Sinne von Gregory und Purvis sein, wenn auch das bisherige Beobachtungsmaterial kaum ausreichend scheint, um jetzt schon Positives darüber sagen zu können. Es können aber auch Stoffwechselvorgänge sein, sodaß dann die Kenntnis dieser Vorgänge die erste Voraussetzung für das Verständnis des Vernalisationseffektes sein würde.

Während wir über den Zuckerhaushalt junger Weizenkörner durch die Untersuchungen von Balde (2) leidlich unterrichtet sind, fehlt es bisher an einem genaueren Einblick in die Verschiebungen des Stickstoffhaushaltes der Keimblätter durch tiefe Anzuchttemperaturen. Die von anderen Gesichtspunkten ausgeführten Untersuchungen Gäumanns (13), die ebenfalls den N-Haushalt junger Weizenpflänzchen behandeln, berücksichtigen leider nicht die für Vernalisation und für maximale Frosthärtung in Frage kommenden Temperaturen um 0° ; vor allem aber beziehen sich die von diesem Autor angegebenen Werte nicht auf die hier interessierenden Weizenkeimblätter, sondern auf die ganzen vom Getreidekorn abgetrennten Weizenkeimlinge, wodurch die Beurteilung der Befunde für unsere Zwecke außerordentlich erschwert wird.

So haben wir selbst den N-Haushalt junger, bei verschiedenen Temperaturen ($0-1^{\circ}$, 20°C) herangezogener Weizenkeimblätter nochmals einer Prüfung unterzogen und eine Sicherung der Ergebnisse und bessere

Auswertung der Befunde durch gleichzeitige Untersuchung von Weizensorten verschiedenen physiologischen Verhaltens, also ungleicher Frosthärte und verschiedenartiger Kältebedürfnisse angestrebt. Wir geben zunächst die Ergebnisse selbst wieder, um erst anschließend die gemachten Feststellungen in ihrer möglichen Bedeutung für das Problem der Frosthärte und der Vernalisation zu diskutieren.

Die Untersuchungen sind im Jahre 1934 im damaligen Institut für Landwirtschaftliche Botanik in Braunschweig-Gliesmarode durchgeführt.

Auswahl der Versuchssorten.

Zu den Versuchen wurden insgesamt 5 Weizensorten herangezogen, die sich deutlich in Frosthärte und Vegetationsrhythmus unterscheiden. Sie sind in der folgenden Zusammenstellung nach steigender Frosthärte geordnet.

Nr.	Sorte	Frosthärte	Kältebedürfnisse
I	Strubes Roter Schlanstedter Sommerweizen	unzureichend	vorhanden, aber gering (Sommerweizen mit schwachem Wintertypus)
II	Heines Kolben Sommerweizen	gering, aber deutlich höher als I	fehlend (reiner Sommer-typus)
III	Strubes Dickkopf Winterweizen	mäßig, deutlich höher als II, aber wesentlich schwächer als IV und V	mittelhoch (Wintertypus)
IV	Siegfried Winterweizen	hoch	hoch (ausgesprochener Wintertypus)
V	Sammet Winterweizen	sehr hoch	hoch (ausgesprochener Wintertypus)

Den vorstehenden Angaben über Frosthärte liegen die umfangreichen Sortenprüfungen des Gliesmaroder Institutes (Dr. Rabien) zugrunde; die Feststellung des Frostverhaltens erfolgte durch Gefrierversuche mit vorher gehärteten Freilandpflanzen.

Die Kältebedürfnisse der Sorten I—III sind bereits in den älteren Untersuchungen (Gaßner, 6, 10) umschrieben. Diese Ergebnisse wurden in neueren Versuchen bestätigt und für die Sorten IV und V ergänzt.

Anzucht der Versuchspflanzen.

Je Sorte, Düngung und Temperatur wurden 3 Schalen zu 70 Korn angesetzt; jedes Versuchsgefäß enthielt 1200 g Hohenbockaer Sand + 180 ccm destilliertes Wasser bzw. Nährlösung. In diesen 180 ccm wurden gegeben: 70 mg K als KCl, 25 mg N als $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 12,5 mg P als $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$, 3,6 mg Mg als $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$, Spur Eisenchloridlösung.

Da nach Balde (2) ungleichmäßige Wasser- und Sauerstoffverhältnisse die chemische Zusammensetzung der Keimlinge beeinflussen, wurden alle Versuchsgefäße nach dem Einlegen der Samen in den Sand geschlossen und während der ganzen Versuchsdauer so gehalten.

Die Aufstellung der Gefäße erfolgte zur Hälfte bei 0 bis 1° C, zur anderen Hälfte bei 20° C. Mit der „tiefen“ Keimtemperatur sind wir absichtlich auf 0 bis 1° C herabgegangen, weil wir einerseits maximale „Härtung“ der Pflänzchen gegen Frost erzielen und gleichzeitig die Sicherheit haben wollten, daß die durchgeführte Behandlung auch bei extremem Wintertypus mit Sicherheit Schossen und Blütenbildung auslöst. Die von Maximov (18) gebrachte Angabe, daß Keimablauf bei 0 bis 1° C keine vollständige Vernalisation gewährleistet, und daß eine solche erst Lysenko geglückt sei, ist irrig, wie die seinerzeit mitgeteilten und auch bildlich belegten Versuchsergebnisse (Gaßner, 10, S. 433) zeigen.

Der Keimverlauf ist bei 0 bis 1° C naturgemäß sehr langsam; die bei dieser Temperatur ausgelegten Körner bedurften zum Keimabschluß 94 Tage (27. Februar bis 1. Juni 1934); die gleiche Entwicklung der Keimblätter beanspruchte bei 20° C nur 5 Tage.

Verarbeitung der Versuchspflanzen und Durchführung der Analysen.

Die Keimlinge wurden verwendet, wenn sie eine Keimblattlänge von $2\frac{1}{2}$ —3 cm aufwiesen. Die zwischen den einzelnen Sorten vorliegenden schwachen Unterschiede der Entwicklungsgeschwindigkeit wurden durch entsprechende Auswahl der in genügender Zahl ausgesäten Pflanzen nach Möglichkeit ausgeglichen. Ebenso wurde darauf geachtet, daß Keimblattlänge der bei 0—1° C und bei 20° C entwickelten Pflanzen übereinstimmte.

Unmittelbar vor der Analyse wurden die Keimlinge nach Aufschwemmen des Bodens mit Wasser aus dem Keimbett herausgezogen, die Keimblätter dicht über dem Korn abgeschnitten, durch Abspülen mit dest. Wasser von anhaftendem Sand und Resten der Nährlösung befreit, und schnell zwischen Filtrierpapier getrocknet. Hieran schloß sich Abzählen, Wägen und Verarbeitung der Keimblätter.

Ermittelt wurde außer dem in besonderen Bestimmungen festgestellten Trockengewicht: 1. Gehalt an Eiweiß-N; 2. Gehalt an löslichem N. Der Gesamt-N (3) wurde durch Addition von 1 und 2 errechnet.

Die N-Bestimmung erfolgte wieder mittels der Mikro-Kjeldahl-Apparatur. Die mitgeteilten Werte sind stets Mittelwerte aus 2 Parallelbestimmungen. Bezüglich Einzelheiten der Analysenmethoden sei auf unsere früheren Ausführungen verwiesen (Gaßner und Franke, 11).

Wahl der Bezugsgröße.

Da das Untersuchungsmaterial außerordentlich gleichmäßig ist, insbesondere Störungen durch ungleiche Wasserversorgung nicht zu befürchten

waren, erschien von vornherein das Frischgewicht als geeignete Bezugsgröße. Um jedoch in der Beurteilung des N-Haushaltes sicher zu gehen, haben wir als zweite Bezugsgröße den N-Gehalt für je 10 Keimblätter mit herangezogen.

Dagegen erwies sich der Trockensubstanzgehalt als Bezugsgröße nicht geeignet; wie die folgende Tabelle zeigt, liegen die Trockengewichtswerte der bei 0 bis 1° C entwickelten Keimblätter fast doppelt so hoch wie diejenigen der 20° C-Pflanzen. Da die Steigerung der Trockensubstanz nur zum weitaus kleineren Teil auf einer Erhöhung des N-Gehaltes beruht, scheidet die Verwendung der Trockensubstanz als Bezugsgröße für den N-Gehalt aus.

Tabelle 1.

Prozentuale und relative Trockengewichtswerte junger Weizenkeimblätter bei verschiedenen Keimungstemperaturen.

Weizensorte	Keimungs- tempera- turen	Trockengewicht in Prozenten		Relative Trockengewichtswerte (20° = 100)	
		Sand + dest. Wasser	Sand + Nähr- lösung	Sand + dest. Wasser	Sand + Nähr- lösung
Strubes Roter Schlan- stedter S.-W.	20°	8,89	8,16	100	100
	0—1°	14,74	14,01	166	172
Heines Kolben S.-W.	20°	8,40	7,70	100	100
	0—1°	13,58	13,30	162	173
Strubes Dickkopf W.-W.	20°	8,99	8,43	100	100
	0—1°	18,51	18,49	206	219
Siegfried W.-W.	20°	8,73	8,16	100	100
	0—1°	16,92	16,70	194	205
Sammet W.-W.	20°	8,70	7,92	100	100
	0—1°	16,85	16,25	194	205
Durchschnitt aller Sorten	20°	8,74	8,07	100	100
	0—1°	16,12	15,75	185	195

V Versuchsergebnisse.

Die Darstellung und Besprechung der Versuchsergebnisse vereinfacht sich dadurch, daß wir zwischen Versuchen in Sand + destilliertem Wasser und Versuchen in Sand + Nährlösung nicht zu unterscheiden brauchen, da die N-Werte der beiden Versuchsreihen keine wesentlichen Unterschiede zeigen. Offensichtlich kann sich die Düngung in dem gewählten frühen Entwicklungsstadium noch nicht auswirken.

Die als $\frac{0}{100}$ N auf Frischgewicht der Keimblätter bezogenen Werte sind in Tabelle 2, die relativen N-Werte (Werte bei $20^{\circ}\text{C} = 100$ gesetzt) in der anschließenden Tabelle 3 wiedergegeben. Die bei Strubes Rotem Schlanstedter und Anzucht in Sand + Nährlösung gefundenen Werte für Eiweiß-N (und dementsprechend für Gesamt-N) weichen von allen anderen Werten so auffallend ab, daß wir hier doch mit einem Analysenfehler rechnen möchten; wir haben diese Werte deshalb eingeklammert wiedergegeben und werden sie bei den folgenden Besprechungen nicht mit berücksichtigen.

Die Anzuchttemperatur beeinflußt den Eiweißgehalt der Keimblätter nur in unbedeutendem Maße; im Durchschnitt aller Versuche liegt eine geringe Erhöhung der Eiweißwerte bei Anzuchttemperaturen von $0-1^{\circ}\text{C}$ vor, der wir jedoch wohl kaum eine besondere Bedeutung zusprechen können, weil mehrfach die bei tiefen Temperaturen angezogenen Keimblätter sogar etwas geringere Werte aufweisen als die 20°C -Pflanzen.

Im Gegensatz zu den fast konstanten Eiweißwerten zeigen die löslichen N-Verbindungen eine außerordentliche Verschiebung durch die Anzuchttemperatur. Und zwar wird der Gehalt an löslichen N-Verbindungen durch tiefe Keimungstemperaturen auffallend

Tabelle 2.
**Stickstoffgehalt junger Weizenkeimblätter
bei verschiedenen Keimungstemperaturen.**

Stickstoff als $\frac{0}{100}$ N des Frischgewichtes.

Weizensorte	Keimungs- tempera- turen	Sand + dest. Wasser			Sand + Nährlösung		
		Eiweiß-N (1)	Löslicher N (2)	Gesamt-N (1 + 2)	Eiweiß-N (1)	Löslicher N (2)	Gesamt-N (1 + 2)
Strubes Roter Schlan- stedter S.-W.	20°	3,75	1,40	5,15	3,36	1,25	4,61
	$0-1^{\circ}$	3,56	3,49	7,05	(1,49)	3,21	(4,70)
Heines Kolben S.-W.	20°	3,46	1,33	4,79	3,04	1,22	4,26
	$0-1^{\circ}$	3,00	2,95	5,95	2,74	2,82	5,56
Strubes Dickkopf W.-W.	20°	3,61	1,30	4,91	3,15	1,08	4,23
	$0-1^{\circ}$	4,33	2,94	7,27	4,54	2,96	7,50
Siegfried W.-W.	20°	3,25	1,14	4,39	3,10	0,97	4,07
	$0-1^{\circ}$	3,88	2,16	6,04	3,55	2,22	5,77
Sammet W.-W.	20°	3,39	1,40	4,79	3,14	1,16	4,30
	$0-1^{\circ}$	3,57	3,65	7,22	3,07	3,31	6,38
Durchschnitt aller Sorten	20°	3,49	1,31	4,80	3,16	1,14	4,29
	$0-1^{\circ}$	3,67	3,04	6,71	3,48	2,90	6,30

Tabelle 3.

**Relativer Stickstoffgehalt junger Weizenkeimblätter
bei verschiedenen Keimungstemperaturen.**
(N-Gehalt auf Frischgewicht bezogen, Werte 20° = 100.)

Weizensorte	Keimungs- tempera- turen	Sand + dest. Wasser			Sand + Nährlösung		
		Eiweiß-N (1)	Löslicher N (2)	Gesamt-N (1 + 2)	Eiweiß-N (1)	Löslicher N (2)	Gesamt-N (1 + 2)
Strubes Roter Schlan- stedter S.-W.	20°	100	100	100	100	100	100
	0—1°	95	249	137	(44)	256	(102)
Heines Kolben S.-W.	20°	100	100	100	100	100	100
	0—1°	87	222	124	90	231	131
Strubes Dickkopf W.-W.	20°	100	100	100	100	100	100
	0—1°	120	226	148	144	274	177
Siegfried W.-W.	20°	100	100	100	100	100	100
	0—1°	119	190	137	114	229	142
Sammet W.-W.	20°	100	100	100	100	100	100
	0—1°	105	261	151	98	285	148
Durchschnitt aller Sorten	20°	100	100	100	100	100	100
	0—1°	105	232	140	110	254	147

Tabelle 4.

**Das Verhältnis Eiweiß-N : löslichem N (relativer Eiweißwert)
junger Weizenkeimblätter bei verschiedenen Keimungstemperaturen.**
(Unterlagen Tabelle 3).

Weizensorte	Kei- mungs- tempera- turen	Sand + dest. Wasser	Sand + Nähr- lösung
Strubes Roter Schlanstedter S.-W.	20°	2,68	2,69
	0—1°	1,02	(0,46)
Heines Kolben S.-W.	20°	2,60	2,49
	0—1°	1,02	0,97
Strubes Dickkopf W.-W.	20°	2,78	2,92
	0—1°	1,47	1,53
Siegfried W.-W.	20°	2,85	3,20
	0—1°	1,79	1,60
Sammet W.-W.	20°	2,42	2,71
	0—1°	0,98	0,93
Durchschnitt aller Sorten	20°	2,67	2,82
	0—1°	1,26	1,21

gesteigert: bei 0—1° C im Durchschnitt 3,04 bzw. $2,90 \frac{0}{00}$ gegenüber von 1,31 bzw. $1,14 \frac{0}{00}$ bei 20° C; das sind 232:100 bzw. 254:100 bei Berechnung der relativen Werte.

Der starke Anstieg der löslichen N-Verbindungen bewirkt weiter auch eine entsprechende Steigerung des Gesamt-N durch tiefe Anzuchttemperaturen: 6,71 bzw. 6,30 gegenüber 4,80 bzw. $4,29 \frac{0}{00}$ bei 20° C, relativ 140:100 bzw. 147:100.

Durch die auffallende Erhöhung des Gehaltes an löslichem N erfahren die relativen Eiweißwerte (Verhältnis Eiweiß-N:löslichem N) ebenfalls ganz außerordentliche Verschiebungen; nach der Tabelle 4 betragen die durchschnittlichen relativen Eiweißwerte nur 1,26 bzw. 1,21 bei Anzuchttemperatur von 0—1° C gegenüber 2,67 bzw. 2,82 bei 20° C.

Zum Schluß dieses Abschnittes sollen nun noch die auf die Blatteinheit (mg N in je 10 Keimblättern) bezogenen Stickstoffwerte angegeben werden (Tab. 5 und 6).

Ein Vergleich der in Tabelle 5 und 6 angegebenen Werte mit den in Tabelle 2 und 3 angeführten Zahlen für N-Gehalt im Frischgewicht läßt wohl im einzelnen gewisse Verschiebungen erkennen, die offensichtlich mit feineren sorten- und temperaturbedingten Unterschieden in der Ent-

Tabelle 5.

**Stickstoffgehalt junger Weizenkeimblätter
bei verschiedenen Keimungstemperaturen.**

Stickstoff als mg N in je 10 Keimblättern.

Weizensorte	Keimungs- tempera- turen	Sand + dest. Wasser			Sand + Nährlösung		
		Eiweiß-N (1)	Löslicher N (2)	Gesamt-N (1 + 2)	Eiweiß-N (1)	Löslicher N (2)	Gesamt-N (1 + 2)
Strubes Roter Schlan- stedter S.-W.	20°	0,96	0,36	1,32	1,08	0,40	1,48
	0—1°	0,86	0,85	1,71	(0,64)	1,38	(2,02)
Heines Kolben S.-W.	20°	1,26	0,49	1,75	1,46	0,58	2,04
	0—1°	1,53	1,50	3,03	1,52	1,57	3,09
Strubes Dickkopf W.-W.	20°	1,06	0,38	1,44	1,19	0,40	1,59
	0—1°	1,15	0,78	1,93	1,39	0,90	2,29
Siegfried W.-W.	20°	1,00	0,35	1,35	1,30	0,41	1,71
	0—1°	0,98	0,55	1,53	1,16	0,72	1,88
Sammet W.-W.	20°	1,05	0,43	1,48	0,97	0,36	1,33
	0—1°	1,10	1,13	2,23	0,96	1,03	1,99
Durchschnitt aller Sorten	20°	1,07	0,40	1,47	1,20	0,43	1,63
	0—1°	1,12	0,96	2,08	1,26	1,12	2,38

Tabelle 6.

**Relativer Stickstoffgehalt junger Weizenkeimblätter
bei verschiedenen Keimungstemperaturen.**

(N-Gehalt auf gleiche Keimblattzahl (10) bezogen, Werte 20° = 100.)

Weizensorte	Keimungs- tempera- turen	Sand + dest. Wasser			Sand + Nährlösung		
		Eiweiß-N (1)	Löslicher N (2)	Gesamt-N (1 + 2)	Eiweiß-N (1)	Löslicher N (2)	Gesamt-N (1 + 2)
Strubes Roter Schlan- stedter S.-W.	20°	100	100	100	100	100	100
	0—1°	90	236	129	(59)	345	(136)
Heines Kolben S.-W.	20°	100	100	100	100	100	100
	0—1°	121	306	173	104	271	152
Strubes Dickkopf W.-W.	20°	100	100	100	100	100	100
	0—1°	108	205	134	117	225	144
Siegfried W.-W.	20°	100	100	100	100	100	100
	0—1°	98	157	113	89	175	110
Sammet W.-W.	20°	100	100	100	100	100	100
	0—1°	105	263	151	99	240	150
Durchschnitt aller Sorten	20°	100	100	100	100	100	100
	0—1°	104	233	140	102	251	139

wicklung der Keimblätter in Verbindung stehen; im Prinzip aber haben wir bei Zugrundelegung der Blatteinheit die gleiche Beeinflussung des N-Haushaltes wie bei der obigen Berechnung auf Frischgewicht: unbedeutende oder fast fehlende Steigerung des Eiweiß-N, sehr starke Erhöhung des löslichen N und dementsprechend eine deutliche Steigerung des Gesamt-N durch tiefe Keimungstemperaturen. Besonders gut ist die Übereinstimmung der auf Keimblattzahl und auf Frischgewicht bezogenen Werte, wenn wir den Durchschnitt aller Sorten zugrunde legen.

Besprechung der Ergebnisse.

Die Beeinflussung des N-Haushaltes durch die Keimungstemperatur.

Schon Mothes (20), Mevius-Engel (19) u. a. haben angegeben, daß die eiweißartigen Verbindungen durch tiefe Temperaturen erhöht werden. Zu der gleichen Feststellung sind wir selbst in unseren früheren Untersuchungen mit jungen, grünen Getreidepflanzen gekommen (Gaßner und Franke, 12). Danach weisen die Blätter der bei 10° C unter gleichen Lichtverhältnissen herangezogenen Weizenpflanzen 130—200 % der bei 20° C ermittelten Eiweißwerte auf; Erniedrigung der Anzuchttemperatur auf 5° C bewirkte eine weitere Steigerung des Eiweißgehaltes. Wesentlich schwächer erwies sich die Beeinflussung der löslichen N-Verbindungen durch die Anzuchttemperatur; ein Vergleich der 10° C- und 20° C-Pflanzen

ergab nur in drei Fällen eine Steigerung von mehr als 20% durch die tiefere Anzuchttemperatur; in den meisten Fällen war die Erhöhung der Werte für löslichen N weit geringer oder fiel auch ganz fort.

Zu diesen früheren Feststellungen stehen nun die in den vorstehenden Untersuchungen erhaltenen Ergebnisse in ausgesprochenem Gegensatz; denn wir fanden nunmehr umgekehrt annähernde Konstanz des Eiweißgehaltes bei tiefen und hohen Anzuchttemperaturen, gleichzeitig aber eine außerordentliche Steigerung der löslichen N-Verbindungen durch tiefe Temperaturen.

Nun muß zugegeben werden, daß in der Durchführung der früheren und der jetzigen Versuche wesentliche Unterschiede vorliegen: einerseits grüne assimilierende Getreideblätter, anderseits im Dunkeln entwickelte Keimblätter, die in ihrem Stoffwechsel noch völlig auf die Reservestoffe des Samens angewiesen sind. Durch diese sicherlich sehr wichtigen Unterschiede dürfte jedoch die grundsätzliche Seite des vorliegenden Widerspruches nicht berührt werden; denn die zellphysiologischen Voraussetzungen der Eiweißsynthese sind in grünen Blättern und in jungen Keimblättern an sich in gleicher Weise gegeben.

Die Steigerung des Eiweißgehaltes grüner Blätter durch tiefe Temperaturen wird meist so gedeutet, daß der hier vorliegende höhere Assimilationsüberschuß eine stärkere Eiweißsynthese ermöglicht. Wenn wir nun in gleicher Weise für Keimblätter annehmen, daß der Gehalt an löslichen Kohlehydraten, selbstverständlich bei gleichzeitigem Vorhandensein ausreichender Mengen löslicher N-Verbindungen, eine verstärkte Eiweißbildung auslöst, so müßten wir gerade hier mit einem besonders starken Anstieg des Eiweiß-N rechnen. Denn kalt herangezogene Keimblätter haben sowohl einen hohen Zuckergehalt (Gaßner und Grimme 7, Balde 2) wie aber auch eine besonders reichliche Menge löslicher N-Verbindungen. Trotzdem kommt es hier zu keiner entsprechenden Eiweißbildung.

Zu einer eigentlichen Erklärung dieser, unseren sonstigen Anschauungen widersprechenden Feststellung sind die bisherigen Versuchsunterlagen unzureichend; wir können eben nur sagen, daß die Eiweißsynthese junger Weizenkeimblätter anderen Gesetzmäßigkeiten folgt als sonst, und daß tiefe Temperaturen hier sichtlich die mögliche oder zu erwartende stärkere Eiweißbildung störend beeinflussen.

An dieser Stelle müssen wir nun nochmals kurz auf die schon erwähnten neueren Untersuchungen Gäumanns (13) über den Stoffwechsel junger Weizenkeimblätter eingehen, in denen ebenfalls die Frage nach dem Einfluß der Temperatur auf den N-Haushalt der Keimlinge geprüft wurde. Danach besteht kein gesetzmäßiger Zusammenhang zwischen Anzuchttemperatur und Stickstoffgehalt. Leider lassen sich nun, wie schon weiter oben erwähnt, die Befunde Gäumanns schlecht mit unseren eigenen Feststellungen in Vergleich setzen. Dabei können wir davon absehen,

daß wir mit tieferen Temperaturen ($0-1^{\circ}\text{C}$) gearbeitet haben als Gäumann ($3,6^{\circ}\text{C}$ als Minimum); wir brauchen auch nicht zu berücksichtigen, daß Gäumann überwiegend das Trockengewicht als Bezugsgröße verwendet und bei der starken Abhängigkeit dieses Faktors von der Temperatur an sich schon zu einer abweichenden Beurteilung kommen mußte. Wirklich entscheidend ist aber nicht dieses, sondern der methodologische Unterschied der Versuchsdurchführung. Wir selbst haben uns auf die Prüfung der Keimblätter beschränkt, während Gäumann den gesamten Keimling analysierte, der nach Erreichung einer Keimblattlänge von 5 cm „samt dem Scutellum vom Korn getrennt“ wurde. Damit aber wird ein weiterer ebenfalls gleitender Faktor eingeführt, der die Beurteilung der gefundenen Werte außerordentlich erschwert. Nach unseren Beobachtungen ist die Wurzelentwicklung bei tiefen Temperaturen eine andere, nämlich eine geringere, als bei höheren. Daß diese Erscheinung auch in den Versuchen Gäumanns vorgelegen haben muß, läßt sich aus den Angaben dieses Autors über das Frischgewicht der Keimlinge schließen, das von 71,4 mg bei $3,6^{\circ}\text{C}$ auf 103,9 mg bei hohen Keimungstemperaturen ansteigt; der auf das Keimblatt selbst entfallende Anteil an N dürfte also, nach der Wurzelentwicklung zu urteilen, bei tiefen Temperaturen auch hier wesentlich höher gewesen sein als bei hohen.

Daraus ließe sich, selbstverständlich mit allem Vorbehalt, doch eine Übereinstimmung zwischen den Befunden Gäumanns und unseren obigen Feststellungen ableiten. Vielleicht enthält übrigens diese unterschiedliche Wurzelentwicklung bei verschiedenen Keimtemperaturen den Schlüssel für die von uns gemachte Feststellung, daß der Gesamt-N-Gehalt der Keimblätter bei tiefen Anzuchttemperaturen höhere Werte aufweist als bei hohen: bei geringerer Wurzelentwicklung dürfte ein größerer Anteil des in den Samen mobilisierten Stickstoffes in die von uns ausschließlich analysierten Keimblätter abwandern.

Gibt es Beziehungen zwischen Stickstoffhaushalt und Frosthärte?

Die zu unseren Untersuchungen herangezogenen Weizensorten sind, wie bereits erwähnt, in den obigen Tabellen nach steigender Frosthärte geordnet; Strubes Roter Schlanstedter Sommerweizen ist der weichste, Sammet-Weizen der frosthärteste Weizen. Zu dieser Reihenfolge weisen nun die gefundenen N-Werte keine gesetzmäßigen Beziehungen auf, auch nicht, wenn wir den Vergleich von Frostresistenz und Stickstoffhaushalt auf die tiefen Anzuchttemperaturen beschränken, bei denen in erster Linie eine etwaige Übereinstimmung mit der Frosthärte erwartet werden könnte. Bei Berechnung auf Frischgewicht (Tabelle 2) weisen der mäßig frostharte Strubes Dickkopf nach Anzucht bei $0-1^{\circ}\text{C}$ die höchsten, die weicheren und die härteren Sorten geringere Eiweißwerte auf; die höchsten Werte für löslichen N finden wir ausgerechnet bei der weichsten

und bei der härtesten Sorte (Strubes Roter Schlanstedter und Sammet-Weizen). Bei Berechnung auf die Blatteinheit (Tabelle 5) steht Heines Kolben in allen N-Werten an der Spitze, während sowohl die härteren, wie aber auch der besonders weiche Rote Schlanstedter geringere Werte zeigen. Eben sowenig lassen die relativen Werte, also die Änderung des N-Haushaltes durch tiefe Temperaturen gegenüber den Werten für 20° C (Tabelle 3 und 6) gesetzmäßige Beziehungen zur Frosthärte erkennen. In den relativen Eiweißwerten (Tabelle 4) zeigen bei tiefen Anzuchttemperaturen ausgerechnet die weichen Sorten und der ausgesprochen winterharte Sammet-Weizen Übereinstimmungen auf. Wir können also rechnen und beziehen, wie wir wollen, der N-Haushalt der Keimblätter geht nun einmal nicht der Frosthärte parallel, womit natürlich nicht gesagt ist, daß er nicht doch in irgendeiner Weise, aber nur im Verein mit anderen Faktoren die Frostresistenz zu beeinflussen vermag.

Stickstoffhaushalt und Zuckergehalt bei verschiedenen Anzuchttemperaturen.

Das negative Ergebnis des vorstehenden Vergleiches von Stickstoffhaushalt und Frosthärte kann an sich nicht überraschen, seit wir wissen, daß der Zuckergehalt die ausschlaggebende Rolle spielt. Schon aus diesem Grunde mußte es notwendig erscheinen, den N-Haushalt nicht für sich, sondern in Zusammenhang mit dem Zuckergehalt zu betrachten. Solche Untersuchungen sind von verschiedenen Seiten in Angriff genommen worden (Newton und Brown, 23, Mudra, 21, Fuchs, 5 u. a.); leider können wir auch hier wieder die erhaltenen Ergebnisse nicht mit unseren Befunden in Vergleich setzen, weil sowohl das Untersuchungsmaterial (grüne Pflanzen) wie aber auch die Untersuchungsmethodik von den in unseren Versuchen vorliegenden Verhältnissen zu stark abweichen. Wir wollen uns deshalb hier auf einen Vergleich der an jungen Weizenkeimblättern durchgeführten Zuckerbestimmungen (Balde, 2) mit den obigen Feststellungen des N-Haushaltes beschränken. Die Tabelle 7 enthält eine Zusammenstellung des Zucker- und N-Haushaltes bei verschiedenen Keimtemperaturen, wobei einerseits die in dieser Arbeit gefundenen, andererseits die von Balde erhaltenen Werte Verwendung fanden. Die Sorten sind wieder nach steigender Frosthärte geordnet.

Daß ein unmittelbarer Vergleich unserer Versuchsergebnisse mit den älteren Feststellungen Baldes gestattet ist, zeigen die ausreichend übereinstimmenden Trockengewichtswerte von vier gemeinschaftlich bei Anzuchttemperaturen von 20° C geprüften Weizensorten. Erniedrigung der Keimungstemperatur auf 5° C (Balde) bewirkt einen Anstieg des Trockengewichtes von durchschnittlich 7,19 auf 9,25, also von 100 auf 129. Dieser Anstieg ist bemerkenswert, erreicht jedoch nicht entfernt die Werte,

Tabelle 7.

Anteil von Gesamtzucker und N-Verbindungen ($= N \times 6,5$)
am Trockengewicht von Weizenkeimblättern nach Anzucht
bei Temperaturen von 20°, 5° und 0–1° C.

Balde = zusammengestellt nach Balde (2, Tabelle 13).

G. u. Fr. = berechnet nach Tabelle 2 dieser Arbeit.

Weizensorte	Keimungs- tempera- turen °C	1		2	3	4
		Trockengewicht (% Frischgewicht)		Gesamt- zucker (% Frisch- gewicht)	N-Verbin- dungen (= N × 6,5) (% Frisch- gewicht)	Rest- Trocken- substanz 1—(2+3) (% Frisch- gewicht)
		Balde	G. u. Fr.	Balde	G. u. Fr.	
Strubes Roter Schlan- stedter S.-W.	20°	8,83	8,53	3,25	3,17	2,26
	5°	11,22	—	4,30	(4,21) ¹⁾	(2,71) ¹⁾
	0–1°	—	14,38	(6,41) ²⁾	4,58	(3,39) ¹⁾
Heines Kolben S.-W.	20°	8,62	8,05	3,38	2,94	2,02
	5°	9,12	—	4,00	(2,70) ¹⁾	(2,42) ¹⁾
	0–1°	—	13,44	(6,67) ²⁾	3,74	(3,03) ¹⁾
Strubes Dickkopf W.-W.	20°	8,51	8,71	3,05	2,97	2,59
	5°	9,63	—	3,84	(2,68) ²⁾	(3,11) ¹⁾
	0–1°	—	18,50	(9,82) ²⁾	4,80	(3,88) ¹⁾
Krafft's Dickkopf W.-W.	20°	7,54	—	3,26	—	—
	5°	9,70	—	4,63	—	—
Strubes General v. Stocken W.-W.	20°	8,01	—	3,15	—	—
	5°	9,95	—	3,92	—	—
Criewener 104 W.-W.	20°	8,26	—	3,36	—	—
	5°	12,25	—	5,49	—	—
Thule II W.-W.	20°	7,34	—	2,78	—	—
	5°	9,95	—	4,45	—	—
Svea II W.-W.	20°	7,02	—	2,38	—	—
	5°	9,97	—	4,50	—	—
Siegfried W.-W.	20°	—	8,45	—	2,75	—
	5°	—	—	—	—	—
	0–1°	—	16,81	—	3,85	—
Sammet W.-W.	20°	7,75	8,42	2,95	2,96	2,18
	5°	10,71	—	4,88	(3,21) ³⁾	(2,62) ¹⁾
	0–1°	—	15,94	(8,25) ²⁾	4,42	(3,27) ¹⁾

¹⁾ Geschätzt nach Versuchsergebnissen von Gäumann (13). Näheres siehe Text.

²⁾ Berechnet als 1—(3+4).

³⁾ Berechnet als 1—(2+4).

die wir bei Anzuchttemperaturen von 0—1° C beobachten konnten. Hier wird das durchschnittliche Trockengewicht von 8,41 auf 15,9, also von 100 auf 190 (Mittel aller Versuche) erhöht.

Die Tabelle 8 enthält noch die relativen Einzelwerte der durch Erniedrigung der Anzuchttemperatur bedingten Steigerung der Trockengewichtswerte. Danach zeigen die beiden weichsten Sorten tatsächlich die geringste Erhöhung des Trockengewichtes; bei den härteren Sorten läßt sich jedoch eine klare Gesetzmäßigkeit nicht erkennen; so stört vor allem die hohe Trockengewichtssteigerung von Strubes Dickkopf bei 0—1° C.

Tabelle 8.
Die relative Steigerung der Trockengewichtswerte
bei tiefen Keimtemperaturen.
(Werte 20° = 100).

Weizensorte	Keimungs- temperaturen ° C	(Balde)	(G. u. Fr.)
Strubes Roter Schlan- stedter S.-W.	20°	100	100
	5°	127	
	0—1°		169
Heines Kolben S.-W.	20°	100	100
	5°	106	
	0—1°		168
Strubes Dickkopf W.-W.	20°	100	100
	5°	113	
	0—1°		213
Krafft's Dickkopf W.-W.	20°	100	
	5°	129	
Strubes General v. Stocken W.-W.	20°	100	
	5°	124	
Crieuener 104 W.-W.	20°	100	
	5°	148	
Thule II W.-W.	20°	100	
	5°	136	
Svea II W.-W.	20°	100	
	5°	142	
Siegfried W.-W.	20°		100
	5°		
	0—1°		200
Sammet W.-W.	20°	100	100
	5°	138	
	0—1°		200

Der zahlenmäßige Anteil von Zucker und N-Verbindungen ($=N \times 6,5$) am Gesamttrockengewicht ist nach den in Tabelle 7 mitgeteilten Versuchsunterlagen nur für einige Sorten und für die Temperatur von 20°C ermittelt, während für die tiefe Anzuchttemperatur entweder nur der Zuckergehalt oder nur die N-Verbindungen vorliegen. Bei 20°C sind Zuckerwerte und N-Verbindungen mengenmäßig praktisch gleich. Die aus der Summe beider berechnete Resttrockensubstanz enthält außer den quantitativ zurücktretenden Aschenbestandteilen vor allem die Wandstoffe.

Für die Beurteilung des Zuckerwertes und des Gehaltes der Keimblätter an N-Verbindungen bei 5°C und bei $0-1^{\circ}\text{C}$ können wir nun glücklicherweise die nicht festgestellten Werte in leidlicher Weise rekonstruieren. Wir greifen hierbei auf die schon erwähnten Untersuchungen Gäumanns (13) zurück, die für die Temperaturen von 5°C und $0-1^{\circ}\text{C}$ eine Schätzung der Resttrockensubstanz nach den von uns für 20°C gefundenen Werten und damit die Berechnung der fehlenden Zucker- bzw. N-Werte gestatten.

Die von Gäumann angegebenen Werte beziehen sich nicht auf Keimblätter, sondern auf Keimlinge; jedoch kann dieser Unterschied bei der von uns durchgeführten Umrechnung auf Frischgewicht nicht wesentlich ins Gewicht fallen. Aus den von Gäumann in den Tabellen 11 und 12 gefundenen Werten für Wandsubstanz und Aschenbestandteile, die zusammen unserer Resttrockensubstanz ($1 - [2 + 3]$) entsprechen, kommen wir bei Umrechnung der von Gäumann angegebenen Trockensubstanzanteile auf Frischgewicht (Unterlagen siehe Gäumann, Tabelle 1) zu folgenden Werten:

Keimungs- temperatur	Wandstoffe des Frischgewichtes %	Aschensubstanzen des Frischgewichtes %	Wandstoffe + Aschenbestandteile des Frischgewichtes %
$3,6^{\circ}$	2,48	0,63	3,11
$5,8^{\circ}$	2,21	0,63	2,84
$21,4^{\circ}$	1,53	0,59	2,12

Diese nach den Befunden Gäumanns errechneten Werte beziehen sich nun auf Keimlinge von 5 cm Länge, während wir selbst mit Keimlingen von nur $2\frac{1}{2}-3$ cm gearbeitet haben; der Wandstoffgehalt und seine Steigerung durch tiefe Anzuchttemperaturen müssen also für unsere Verhältnisse etwas zu hoch sein. Unter Berücksichtigung aller Umstände wollen wir für 5°C eine Steigerung von 20% für Wandstoffgehalt + Aschensubstanz und für $0-1^{\circ}\text{C}$ eine solche von 50% in Vergleich zu den für 20°C ermittelten Werten zugrunde legen.

So erhalten wir die in Spalte 4 von Tabelle 7 für Resttrockensubstanz angegebenen Werte (eingeklammerte Zahlen mit Zeichen ¹⁾

daraus ergeben sich durch eine einfache Rückrechnung die fehlenden Werte für Zucker bzw. N-Verbindungen (Zeichen ²) und ³).

Die vorgenommene Berechnung enthält natürlich reichlich Unsicherheitsfaktoren, dürfte aber doch einen ungefähren Einblick in die Beteiligung von Zuckergehalt und Stickstoffverbindungen am Zustandekommen der jeweils festgestellten Trockengewichte gestatten; denn es kommt uns ja vor allem auf die allgemeine Größenordnung dieser Werte an. In dieser Hinsicht glauben wir folgendes als genügend gesichert sagen zu können.

Bei einer Anzuchttemperatur von 0—1 °C ist die auffallende Erhöhung des Trockengewichtes in erster Linie auf die Erhöhung der Zuckerwerte zurückzuführen, welche die ebenfalls zu berücksichtigende Steigerung der N-Verbindungen um ein ganz Bedeutendes übertreffen. Die bei 20 °C vorliegende Gleichheit von Zucker und N-Verbindungen besteht bei 0—1 °C nicht mehr; sie ist auch schon bei 5 °C nicht mehr vorhanden, wo die Zuckerwerte ebenfalls die N-Werte übertreffen.

Das Ansteigen des Zuckergehaltes bei tiefen Temperaturen wird meist mit einer verringerten Atmungsquote in Verbindung gebracht. Für Getreidekeimlinge lassen schon die Untersuchungen Baldes (2) keinen Zweifel, daß der Atmungskfaktor eine wichtige Rolle spielen muß. Neuerdings hat Gäumann (13) diese Frage nochmals eingehend geprüft; danach wird (S. 392) bei tiefen Temperaturen (3—9 °C) ein Keimling von 7,93—8,21 mg Trockengewicht mit einem Materialverlust von 3,10—3,35 mg, bei hohen Temperaturen (27—30 °C) aber ein gleich langer Keimling von nur 6,54—6,91 mg Trockengewicht „mit einem fast doppelt so hohen Materialverlust (5,92—6,13 mg)“ aufgebaut. Wir müssen diese Feststellungen aber hier nochmals durch den Hinweis ergänzen, daß die auffällige Anreicherung von Zucker in jungen Getreidekeimlingen bei gleichzeitiger Steigerung der löslichen N-Verbindungen letzten Endes nur dadurch möglich wird, daß die tiefen Temperaturen gleichzeitig eine entsprechende Verarbeitung des Zuckers zu eiweißartigen Verbindungen unmöglich machen. Das ganze Problem ist also offensichtlich verwickelter, als wir bisher annehmen durften.

Die in Tabelle 7 errechnete besonders starke Erhöhung der Zuckerwerte durch tiefe Anzuchttemperaturen von 0—1 °C entspricht im übrigen den üblichen Vorstellungen vom Zustandekommen der Frosthärte. Die Zuckerwerte bei 0—1 °C sind ganz wesentlich höher als die von Balde für 5 °C ermittelten Werte; da dieser Autor demnach nicht mit maximal „gehärteten“ Keimpflanzen gearbeitet hat, konnte er wohl schon aus diesem Grunde nur zu einer leidlichen oder teilweisen, aber nicht zu einer restlosen Übereinstimmung von Zuckerwerten und tatsächlicher Frosthärte der Sorten kommen. Andererseits aber läßt die in der vor-

stehenden Arbeit festgestellte Abhängigkeit der löslichen N-Verbindungen von der Temperatur auch noch die Möglichkeit offen, daß erst die Berücksichtigung von Zuckerwerten und Stickstoffhaushalt die chemisch-physiologische Seite der Frosthärte voll erfassen läßt.

Stoffwechselvorgänge und Beeinflussung des Entwicklungsrhythmus (Vernalisation) durch tiefe Keimungstemperaturen.

Wir wollen die folgenden Ausführungen mit einer kurzen Vorbemerkung einleiten: bei dem gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse erscheint es uns verfrüht, die Frage zu entscheiden, ob die Vernalisierung durch Beeinflussung der Hormonbildung im Sinne von Gregory und Purvis (14, 24) oder durch Einwirkung der weitgehend verschobenen Stoffwechselvorgänge erfolgt. Wir wollen hier einerseits die Möglichkeit von Hormonwirkungen nicht grundsätzlich ablehnen, halten es aber für richtig, das bisher vorliegende Gleichgewicht der beiden gegensätzlichen Anschauungen zu betonen und wenigstens zu fordern, daß die nachgewiesenen starken Verschiebungen des Stoffwechsels gerade auch bei der Beurteilung der Hormonwirkungen nicht vernachlässigt werden dürfen, wenn es sich darum handelt, den wirklichen Beweis für das Vorliegen solcher Wirkungen anzutreten.

Wir wenden uns nunmehr der Möglichkeit zu, den Vernalisationseffekt zu Stoffwechselvorgängen in Beziehung zu bringen. Die Tatsache, daß Wintergetreideformen mit „Kältebedürfnissen“ durch langsamen Keimungsablauf bei tiefen Temperaturen zum Schossen und Blühen in der gleichen Vegetationsperiode gebracht wurden, ist früher (Gaßner, 8, 10) in Anlehnung an die von Klebs (16) entwickelten Vorstellungen auf ein relatives Überwiegen der löslichen Kohlehydrate zurückgeführt. Klebs sieht in einem hohen Werte des Verhältnisses C:N den Schlüssel für das Verständnis der Blütenauslösung.

Wenn wir diese Betrachtung für den im obigen (Tabelle 7 und 8) durchgeführten Vergleich von C- und N-Gehalt junger Weizenkeimblätter zugrunde legen, so wird der früher postulierte Zusammenhang zwischen C:N-Verhältnis und Blütenauslösung durch die in dieser Arbeit erhaltenen Ergebnisse nicht erschüttert. Wohl steigen die Stickstoffwerte bei tiefen Keimtemperaturen deutlich an; andererseits bleibt diese Erhöhung quantitativ stark hinter der gleichzeitigen und ungleich bedeutenderen Steigerung der Zuckerwerte zurück. Das Verhältnis C:N wird also tatsächlich eindeutig zugunsten des C-Gehaltes verschoben, womit die Grundlagen der früher gegebenen Deutung erhalten bleiben.

Andererseits aber bietet der im obigen erbrachte Nachweis, daß gerade die löslichen N-Verbindungen bei tiefen Keimungstemperaturen ebenfalls einen bedeutenden Anstieg zeigen, noch die Möglichkeit einer

andersartigen Erklärung der Temperaturwirkung auf den Entwicklungsrhythmus. Die Zellen kalt gekeimter Pflanzen sind in auffallendem Maße sowohl mit löslichen Kohlehydraten wie mit löslichen N-Verbindungen angefüllt. Da sie eine überaus reichliche Menge der zur Weiterentwicklung benötigten Stoffe enthalten, liegt unzweifelhaft eine besondere „Bereitschaft“ dieser Zellen und Gewebe vor; wir können uns sehr wohl vorstellen, daß diese Stoffanhäufung in einer allerdings bisher nicht näher bekannten Weise den Anlaß zur Auslösung des Schossens und der Blütenbildung gibt. Eine Entscheidung, ob die Vernalisation tatsächlich auf diesem Wege durch Stoffwechselvorgänge beeinflußt wird, läßt sich jedoch auf Grund der bisherigen Versuchsergebnisse nicht fällen.

Gregory und Purvis haben in ihren schon mehrfach zitierten Untersuchungen (14, 24) nun noch u. a. die Frage geprüft, welchen Einfluß das Rücktrocknen vernalisierter Körner auf den Vernalisationseffekt hat. Danach bewirkt ein mehr als 6 Wochen langes Rücktrocknen Aufhebung der Vernalisation. Allerdings ist die Devernalisation insoweit nicht vollständig oder doch eigenartig modifiziert, als sich in der Steigerung der Sproßzahl der aus lange getrockneten Körnern hervorgehenden Pflanzen eine gewisse Nachwirkung der früheren Vernalisation feststellen läßt.

Devernalisation und die soeben beschriebene andersartige Nachwirkung der Kältebehandlung werden von Gregory und Purvis ebenfalls mit hormonalen Vorgängen in Verbindung gebracht. Wir wollen hier nicht gegen diese Deutung Stellung nehmen, müssen aber auch hier wieder darauf hinweisen, daß auch Änderungen des Stoffwechselhaushaltes Erklärungsmöglichkeiten bieten. Da Stoffwechselvorgänge sich in trockenen Samen sehr langsam abspielen, aber doch vorhanden sind, kann es gerade von diesem Standpunkt aus nicht überraschen, wenn der Devernalisationseffekt erst nach sehr langer Aufbewahrungszeit zutage tritt. Mehr zu sagen erscheint verfrüht, da wir über die Stoffwechselvorgänge rückgetrockneter Samen nichts wissen.

Dagegen sei noch mit einigen Worten der in der Einleitung dieser Arbeit kurz erwähnten Erscheinung gedacht, wonach sehr tiefe Keimtemperaturen zur totalen oder partiellen Unterdrückung der Chlorophyllbildung führen können. Hierbei kann es sich natürlich um eine direkte Beeinflussung des Chlorophyllapparates handeln, zumal wir wissen, daß die Chlorophyllbildung an höhere Temperaturen gebunden ist als Wachstum und Entwicklung der Zellen. Vielleicht aber hängt die Beeinflussung des Chlorophyllapparates ebenfalls mit den beobachteten Stoffwechselvorgängen zusammen, also einerseits mit der bedeutenden Anhäufung löslicher Kohlehydrate, andererseits und vor allem mit der im obigen nachgewiesenen ungünstigen Beeinflussung der Eiweißsynthese durch tiefe Keimungstemperaturen.

Hauptinhalt.

1. Die Keimblätter junger, bei verschiedenen Temperaturen (20°C und $0-1^{\circ}\text{C}$) herangezogener Weizenkeimpflanzen zeigen deutliche Unterschiede des Stickstoffhaushaltes. Anzucht bei tiefen Temperaturen bewirkt eine deutliche Erhöhung des N-Gehaltes. Diese Erhöhung kommt ganz oder fast ganz durch eine auffallende Steigerung des Gehaltes an löslichen N-Verbindungen zustande, während der Eiweißgehalt annähernd unverändert bleibt.
2. Diese Feststellung steht im Gegensatz zu den sonstigen Beobachtungen, wonach tiefe Temperaturen eine starke Erhöhung des Eiweißgehaltes bewirken, während die löslichen N-Verbindungen keine oder nur eine geringere Steigerung aufweisen.
3. Wir kennen bisher nicht die Gründe für das offensichtlich gegensinnige Verhalten von Weizenkeimblättern und grünen Getreideblättern; die in den ersten beobachtete Konstanz der Eiweißwerte bei gleichzeitiger starker Erhöhung der löslichen N-Verbindungen und der Zuckerwerte deutet darauf hin, daß tiefe Temperaturen hier die Eiweißsynthese hemmen.
4. Die mit Weizensorten ganz verschiedener Frosthärte durchgeführten vergleichenden Versuche lassen keine gesetzmäßigen Beziehungen zwischen Stickstoffhaushalt und spezifischer Frosthärte erkennen.
5. Anzucht bei tiefen Temperaturen ($0-1^{\circ}\text{C}$) bedeutet eine außerordentliche Steigerung der Trockengewichtswerte. Diese erklärt sich durch eine schwache Erhöhung der Wandstoffbildung, durch einen quantitativ stärkeren Anstieg der N-Verbindungen und durch eine noch bedeutendere Steigerung der Zuckerwerte. Die gleichzeitige Erhöhung der Frosthärte dürfte daher in erster Linie auf den letztgenannten Faktor zurückzuführen sein, jedoch muß mit der Möglichkeit gerechnet werden, daß auch die Steigerung der löslichen N-Verbindungen beteiligt ist.
6. Keimung bei tiefen Temperaturen ($0-1^{\circ}\text{C}$) löst nach früheren Feststellungen bei Wintergetreideformen mit „Kältebedürfnissen“ Schossen und Blütenbildung aus. Die von anderen Autoren betonte Bedeutung hormonaler Vorgänge bei der Vernalisation wird nicht grundsätzlich abgelehnt, jedoch betont, daß bei den Erklärungsversuchen auch die Bedeutung der Stoffwechselvorgänge nicht vernachlässigt werden darf.
7. Stoffwechselvorgänge können in doppelter Weise für den Vernalisationseffekt verantwortlich gemacht werden. Es kann sein, daß im Sinne früher entwickelter Vorstellungen die Erhöhung der Zuckerwerte kalt gekeimter Pflanzen eine ausschlaggebende Rolle spielt; es besteht aber auch die Möglichkeit, daß die bei tiefen

Temperaturen gleichzeitig vorliegende Anhäufung von Zucker und von löslichen N-Verbindungen eine besondere „Bereitschaft“ dieser Zellen und Gewebe für raschere Weiterentwicklung bedingt, auf welche die Beeinflussung des Entwicklungsrhythmus zurückzuführen wäre.

8. Es läßt sich noch nicht entscheiden, ob die früher in bestimmten Fällen festgestellte Unterdrückung der Chlorophyllbildung durch tiefe Anzuchttemperaturen auf einer direkten Temperaturwirkung auf den Chlorophyllapparat, oder aber auf den vorerwähnten Änderungen des Stoffwechselhaushaltes, insbesondere der Störung der Eiweißsynthese durch tiefe Temperaturen beruht.

Schriftenverzeichnis.

- 1 Åkerman, Å. Studien über den Kältetod und die Kälteresistenz der Pflanzen. Lund, 1927.
- 2 Balde, H. Vergleichende chemische und refraktometrische Untersuchungen an Weizenkeimlingen unter Berücksichtigung der Frosthärte der untersuchten Sorten. Angewandte Botanik, **12**, 1930, S. 177—212.
- 3 Cholodny, N. G. Über das Keimungshormon von Gramineen. Planta, **23**, 1935, S. 289.
- 4 Cholodny, N. G. On the theory of Yarovization. C. Rend. Acad. Sci. U.R.S.S. (N. S.), **3**, 1936, S. 391.
- 5 Fuchs, W. H. Die Veränderung der Struktur und Reaktion der Zelle bei Abkühlung. Kühn-Archiv, **39**, 1935, S. 1—40.
- 6 Gaßner, G. Beobachtungen und Versuche über den Anbau und die Entwicklung von Getreidepflanzen im subtropischen Klima. Jahresberichte Angewandte Botanik, 1910, S. 95—163.
- 7 Gaßner, G. und Grimme, C. Beiträge zur Frage der Frosthärte der Getreidepflanzen. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft, **31**, 1913, S. 507—516.
- 8 Gaßner, G. Über Anpassungen der Getreidepflanzen an klimatische Verhältnisse und deren Bedeutung für die Entwicklung des Getreides. Landw. Annalen des mecklenb. patriotischen Vereins, **52**, 1913, S. 101—103, 109—112.
- 9 Gaßner, G. Über einen Fall von Weißblättrigkeit durch Kälte Wirkung. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft, **33**, 1915, S. 478—486.
- 10 Gaßner, G. Beiträge zur physiologischen Charakteristik sommer- und winterannueller Gewächse, insbesondere der Getreidepflanzen. Zeitschrift für Botanik, **10**, 1918, S. 417—480.
- 11 Gaßner, G. und Franke, W. Der Stickstoffhaushalt junger Weizenpflanzen in seiner Abhängigkeit von der Mineralsalzernährung. Phytopathologische Zeitschrift **7**, 1934, S. 187—222.
- 12 Gaßner, G. und Franke, W. Über den Einfluß der Temperatur auf Stickstoffgehalt und Rostresistenz junger Getreidepflanzen. Phytopathologische Zeitschrift, **7**, 1934, S. 315—326.
- 13 Gäumann, E. Der Einfluß der Keimungstemperatur auf die chemische Zusammensetzung der Getreidekeimlinge. Zeitschrift für Botanik, **25**, 1932, S. 385—461.
- 14 Gregory, F. G. and Purvis, O. N. Studies in Vernalisation of cereals. Annals of Botany (N. S.), **2**, 1938, S. 237—251.
- 15 Harder, R. Besteht für die deutsche Landwirtschaft die Möglichkeit, zwei Ernten im Jahr zu erzielen? Göttinger Gelehrter Anzeiger, **198**, 1936, S. 1.

- 16 Klebs, G. Über das Verhältnis der Außenwelt zur Entwicklung der Pflanzen. Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie, 1913, Abhandlung 6.
 - 17 Krüger, K. und Staar, G. Untersuchungen über Auflaufschäden bei Sommerweizen. Fortschritte der Landwirtschaft, **8**, 1933, S. 217.
 - 18 Maximov, N. A. The theoretical significance of vernalization. Herbage Publication Series, Bull. Nr. 16, 1934.
 - 19 Mevius, W. und Engel, H. Die Wirkung der Ammoniumsalze in ihrer Abhängigkeit von der Wasserstoffionenkonzentration. II. *Planta*, **9**, 1929, S. 1—83.
 - 20 Mothes, K. Ein Beitrag zur Kenntnis des N-Stoffwechsels höherer Pflanzen. *Planta*, **1**, 1926, S. 472—552.
 - 21 Mudra, A. Zur Physiologie der Kälteresistenz des Winterweizens. *Planta*, **18**, S. 435—478.
 - 22 Müller, K. O. Zur Kenntnis des Sommer-Wintertypus bei *Triticum vulgare*. *Angewandte Botanik*, **18**, 1936, S. 231—239.
 - 23 Newton, R. and Brown, W. R. Seasonal changes in the composition of winter wheat plants in relation to frost resistance. *Journ. of Agricult. Sci.*, **46**, 1926, S. 522—538.
 - 24 Purvis, O. N. and Gregory, F. G. A comparative study of vernalization of Winter Rye by low temperature and by short days. *Annals of Botany (N. S.)*, **1**, 1937, S. 569.
 - 25 Tumanov, J. J. Das Abhärten winterannueller Pflanzen gegen niedrige Temperaturen. *Phytopathologische Zeitschrift*, **3**, 1931, S. 303—334.
-

Über eine nichtparasitäre Blattkrankheit an Keimpflanzen von Gerste.

Von
W. Straib.

Mit 4 Abbildungen.

Bei der Kultur von Gerste im Warmhaus treten unter normalen Anzuchtbedingungen in den Wintermonaten an den Blättern der jungen Keimpflanzen eigenartige Degenerationserscheinungen auf, die eine genaue Bestimmung des Verhaltens gegenüber Rostpilzen erschweren. Ich habe darauf an anderer Stelle bereits kurz hingewiesen (Straib, 6). Inzwischen hat auch Honecker (3) bei Gerstenpflanzen, die er zu Infektionsversuchen mit Mehltau im Gewächshaus heranzog, während des Winters dieselben Krankheiterscheinungen wahrgenommen. Die Erkrankung hat also für die Methodik der Gewächshausprüfung mit Keimpflanzen zur Bestimmung der Resistenz und Anfälligkeit der Gerste gegenüber pilzlichen Parasiten (*Puccinia*-, *Erysiphe*-, *Helminthosporium*-Arten) allgemeinere Bedeutung. Wie bereits früher ausgeführt, hängt das Auftreten der Erkrankungen von einer bestimmten Konstellation der Außenfaktoren während des Winters ab, wobei Temperatur und Licht den größten Einfluß ausüben. In verschiedenen Versuchen wurden nun die Bedingungen, die in erster Linie für das Zustandekommen der Erkrankung verantwortlich sind, etwas genauer geprüft; über die Ergebnisse wird hier kurz berichtet. Vorweg sei bemerkt, daß die untersuchte Blattkrankheit nicht mit den von Christensen (1) beschriebenen Blattfleckentypen, die ich ebenfalls an Pflanzen einzelner Gerstensorten in verschiedenen Entwicklungsstadien, besonders im Freiland, beobachten konnte, identisch ist.

Auftreten und Symptome der Erkrankung.

Die Krankheiterscheinungen wurden bisher nur an jungen Keimpflanzen bei Anzucht im Warmhaus festgestellt. Sie treten hauptsächlich in den Wintermonaten auf, und zwar im geheizten Gewächshaus. Bei Anzucht im Kalthaus, dessen Temperatur 15° C längere Zeit nicht überschreitet, kommt es nicht zur Erkrankung. Nur ganz vereinzelt habe ich erkrankte Pflanzen im Sommer auch im ungeheizten Gewächshaus bei



Abb. 1.

Fleckenbildung (Nekrosen) auf Primärblättern von Gerste bei Anzucht im Warmhaus während der Wintermonate (nat. Größe).

- A = Anfangssymptome nach der Entfaltung des Primärblattes (Bavaria-Gerste).
 B = Zonale Fleckenbildung an mehreren Stellen des Primärblattes. Beachte die charakteristische Einschnürung der Blattspreite an den erkrankten Stellen (Bavaria-Gerste).
 C = Vorgeschrittenes Stadium der Erkrankung; nekrotisches Gewebe (Bavaria).
 D = Vorgeschrittenes Krankheitsstadium, doch schwächeres Auftreten als bei C (Bavaria-Gerste).
 E = Vorgeschrittenes Stadium, Krankheit frühzeitig zum Stillstand gekommen (Bethges Gerste III).

Temperaturen über 15° C feststellen können. Im Felde zeigten sich die Krankheitserscheinungen an Keimpflanzen und den folgenden Entwicklungsstadien nirgends.

Das Krankheitsbild ist an anderer Stelle bereits kurz beschrieben: „Die Symptome der Erkrankung machen sich in der Weise bemerkbar, daß bei Entfaltung des Primärblattes, etwa 1 cm von der Spitze entfernt, fettfleckartige Verfärbungen in 1—2 cm Länge erscheinen, die rasch eine schmutzig graubraune Tönung annehmen; das Gewebe wird an diesen Stellen schon nach wenigen Tagen „glasig“, sinkt zusammen, und die Blattspreite knickt in schweren Fällen durch. Bei raschem Wachstum der Gerstenpflanzen entsteht in 2—3 cm Entfernung von dem ersten nekrotischen Fleck, also nach der Basis des Blattes zu, ein neuer Fleck, bisweilen auch noch mehrere, ...“ (Straib, 6). Abbildung 1 A—E und Abbildung 2 geben einige der beschriebenen Krankheitsbilder wieder¹⁾.

Falls die Krankheitserscheinungen nicht kurz nach Entfaltung des ersten Blattes sichtbar werden, sind sie auch in der Folgezeit auf diesem meist nicht mehr zu erwarten. Dagegen können unter geeigneten Außenbedingungen das zweite und dritte Blatt wieder erkranken. Ältere Entwicklungsstadien habe ich im Gewächshaus nicht herangezogen.

¹⁾ Es liegt der Gedanke nahe, die Erkrankung in Anlehnung an Correns (2) als „Sordago“ zu bezeichnen, und zwar mit Rücksicht auf die anfänglich schmutziggrauen Verfärbungen. Ob dies jedoch zulässig ist, vermag ich deshalb nicht zu entscheiden, weil ich die Sordago-Erkrankungen der *Mirabilis jalapa*, die Correns als nichtparasitär kennzeichnet, noch nicht gesehen habe. Treffend wäre diese Bezeichnung jedenfalls auch im vorliegenden Fall für die Erkrankung der Keimpflanzen von Gerste.

Die Erkrankungen treten alljährlich auf zahlreichen Gerstensorten auf, und die Krankheitsbilder zeigen weitgehende Übereinstimmung. Sie sind nicht zu verwechseln etwa mit Vergilbungen oder dunkelbraunen Tüpfeln, wie sie manche Sorten bei Anzucht in Blumentöpfen im Gewächshaus bisweilen nach einiger Zeit erkennen lassen. Daß die hier untersuchten Blattnekrosen auch nicht identisch sind mit den von Christensen (1) beschriebenen verschiedenen Blattfleckentypen, geht schon daraus hervor, daß Christensen bei den meisten Sorten während der Anzucht unter winterlichen Gewächshausbedingungen keine charakteristischen Blattflecken

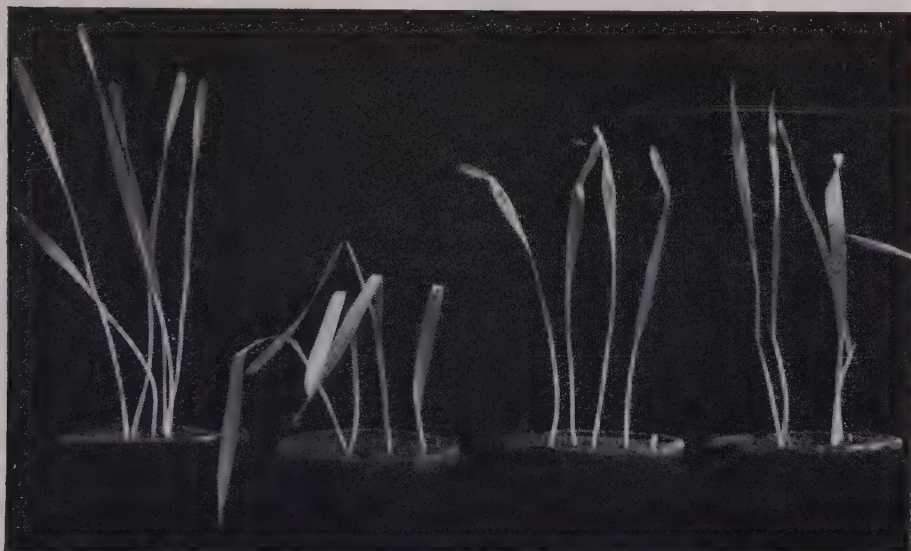


Abb. 2.

Störung der Rostinfektion durch nichtparasitäre Flecken (Nekrosen) bei Gerste.

Von links nach rechts: 1. Topf = Normal entwickelte Pflanzen. 2. Topf = 2—3 cm langer nekrotischer Fleck in der Mitte der Blattspreite, so daß diese durchknickt.

3. und 4. Topf = 1—2 nekrotische Flecke in der oberen Hälfte der Blattspreite.

X-Typus vorgetäuscht.

(Die zweiten Blätter sind der Übersichtlichkeit halber entfernt.)

feststellen konnte. Vielmehr zeigte sich die Fleckenbildung in den von Christensen untersuchten Fällen erst mit Beginn des Frühjahrs. Christensen, der zunächst annahm, daß Temperaturunterschiede an dem jahreszeitlich verschiedenen Auftreten der Blattflecken schuld sind, fand dann selbst experimentell, daß dies nicht der Fall ist. Nach unserer Beobachtung dürften die von Christensen beschriebenen Blattflecken in erster Linie an ein bestimmtes Belichtungsoptimum während der Entwicklung der Gerstenpflanzen, ähnlich wie wir bei der erblichen Nekrose des Weizens einen Fall vor uns haben (Straib, 5), gebunden, daneben aber auch von der Temperatur beeinflusst sein.

Bei drei Gerstensorten (unter mehr als 500) begegneten wir neben der hier zu untersuchenden Blatterkrankung noch einer charakteristischen Blattfleckbildung, z. B. auf der Sorte „Black Hull-less“, und zwar nicht nur im Winter, sondern das ganze Jahr hindurch, wenn die Pflanzen bei Temperaturen über 15°C herangezogen wurden. Es handelt sich um



Abb. 3.

Fleckenbildung (Nekrosen) auf Gerste „Black Hull-less“; abweichender Typus, während des ganzen Jahres auftretend, doch nur auf wenigen Sorten (nat. Größe).

mehrere, unregelmäßig auf der Blattspreite verteilte, maximal etwa 3 mm breite und 5 mm lange graubraune Flecken, die im Endstadium einen graubraunen Nekrosekern und einen gelblichen Rand aufweisen. Die Flecken heben sich stets scharf von dem sonst grünen Blattgewebe ab und können nicht mit der allgemeinen Blatterkrankung verwechselt werden, wie sie oben beschrieben wurde. Speziell an der Sorte „Black Hull-less“ C. I. 966 beschreibt Christensen zwar ebenfalls eine Fleckenbildung, die jedoch, soweit aus den Abbildungen dieses Verfassers zu ersehen ist, an Blättern älterer Entwicklungsstadien auftritt und hier ebenfalls nicht mit den von mir an Keimpflanzen von „Black Hull-less“ beobachteten identisch zu sein scheint (vergl. Abb. 3). Die Frage ist allerdings, ob in diesem Falle gleiche Sorten vorliegen.

Vereinzelt beobachten wir die bei Gerste allgemein verbreiteten Degenerationerscheinungen bei warmer Anzucht im Gewächshaus während des Winters auch auf einigen Hafersorten (vergl. Abb. 4). Hier treten sie bei Anzuchttemperaturen um 20°C herum während des Winters auf. Sie sind jedoch bei Hafer so selten, daß wir unsere Aufmerksamkeit nur der Gerste zuwenden wollen, bei der die Störungen viel schwerer ins Gewicht fallen.



Abb. 4.

Fleckenbildung (Nekrosen) auf Belar-Hafer bei Anzucht im Warmhaus während der Wintermonate. Vorgesrittenes Krankheitsstadium (nat. Gr.).

Krankheitsursache.

Wie bereits kurz berichtet (Straib, 6), scheinen Parasiten für die Entstehung der Krankheit nicht verantwortlich zu sein. Auch die in den Laboratorien für Bakteriologie und Mykologie der Biologischen Reichsanstalt angestellten Nachprüfungen brachten keine Anhaltspunkte für das Vorhandensein einer Bakterien- oder Pilzinfektion. Ein Erreger konnte

nicht isoliert werden¹⁾. Die von mir vorgenommene Beizung des Saatgutes (Formalin, Ceresan, Germisan) verhindert die Erkrankung auch nicht. Virusinfektion ist unwahrscheinlich, denn die Krankheitserscheinungen machten sich bemerkbar, einerlei ob die Anzucht der Pflanzen in steriler Erde oder in sterilem Quarzsand vorgenommen wurde. Nach McKinney (4) wären aber Viroten an Gerste an das Auftreten des infektiösen Stoffes im Boden gebunden. Vielmehr sprechen Krankheitsverlauf und alle Nebenumstände, unter denen es zur Erkrankung kommt, dafür, daß die Flecken und Nekrosen als Folge einer Stoffwechselstörung anzusehen sind.

Die Erkrankung als Sorteneigentümlichkeit.

Bei den Aussaaten von Gerstensortimenten für Rostinfektionsversuche zeigte sich, daß die Erkrankungen bei manchen Varietäten sehr stark, bei anderen nur schwach auftreten, während die überwiegende Anzahl der Sorten ein normales Wachstum zeigt. Die Intensität der Erkrankung hängt stets von den unmittelbar nach dem Auflaufen herrschenden Außenbedingungen ab. Die Zahl der erkrankenden Pflanzen einer Sorte kann verschieden sein. Manchmal erkrankten sämtliche Pflanzen stark, in anderen Versuchsreihen traten die Nekrosen nur schwach auf oder fehlten bei einem Teil der Pflanzen ganz. Desgleichen ist die Zahl der in den einzelnen Aussaatreihen erkrankenden Sorten verschieden. So ergab eine Aussaatreihe von 295 Sorten am 8. Januar 1936 114 Sorten mit erkrankten Blättern, davon 39 Sorten mit starken und ausgedehnten Nekrosen, etwa wie Abb. 1 B, C. Dieselbe Sortenprüfung hatte in einer Aussaatreihe vom 27. November 1935 nur 21 schwach erkrankte Fälle ergeben, während in einem Versuch vom 31. Januar 1936 26 Sorten erkrankten, davon 8 Sorten stärker. In allen drei Versuchsreihen betrug die Anzuchttemperatur etwa 18° C. Nach diesen Ergebnissen müssen wir damit rechnen, daß unter bestimmter Konstellation der Außenfaktoren zahlreiche Gerstensorten erkranken können. Andererseits ist sicher, daß erhebliche Unterschiede im Grade der Erkrankung der einzelnen Gerstensorten vorhanden sind. Von deutschen Gerstensorten, die besonders geschädigt werden können, wären „Bavaria“ und „Isaria“ zu nennen, sodann noch „Heils Franken“ und „Hadostreng“. Nach Honecker (3) ist das sortentypische Verhalten erblich und durch einen dominanten Faktor bedingt.

Beziehungen zwischen Kulturbedingungen und Erkrankung der Keimblätter.

Temperatur, Licht und Luftfeuchtigkeit.

Wie bereits erwähnt wurde, tritt die Nekrose bei Gewächshaus-Temperaturen, die dauernd unter 15° C liegen, nicht auf. Ebenso kommt

¹⁾ Herrn Oberregierungsrat Dr. Stapp und Herrn Oberregierungsrat Dr. Wollenweber spreche ich für die entgegenkommende Durchführung der Prüfung meinen verbindlichsten Dank aus.

es aber auch mit beginnendem Frühjahr normalerweise nicht mehr zur Erkrankung, auch wenn die Gewächshaustemperatur höher als 15°C liegt. Während des Sommers werden im allgemeinen keine Flecken beobachtet. Es muß also eine Wechselwirkung von Temperatur und Licht beim Zustandekommen von Nekrosen vorliegen. So tritt, Temperaturen über 15°C vorausgesetzt, die Erkrankung an hellen Wintertagen wesentlich stärker in Erscheinung als in Perioden mit trüber Witterung. Bei derselben Temperatur zeigt sich die Erkrankung in hellen Gewächshäusern stärker als in Gewächshäusern mit ungünstigeren Belichtungsverhältnissen, wie sich bei unseren nach Norden und Süden gelegenen Gewächshäusern stets beobachten läßt. Umgekehrt wurden die Nekrosen während des Sommers in hellen Gewächshäusern niemals gefunden, vereinzelt aber in einem stark beschatteten Gewächshaus. Licht und Temperatur müssen also in bestimmter Weise zueinander abgestimmt sein, damit es zur Erkrankung kommt. Ist die Lichtmenge klein, so wird die Nekrosebildung ebenso unterbunden wie bei Lichtüberschuß. Die Sorten scheinen sich dabei verschieden zu verhalten. Jahreszeitlich äußert sich das Zusammenwirken von Licht und Temperatur in der Weise, daß sich die Blatterkrankungen im Warmhaus ($15\text{--}20^{\circ}\text{C}$) von Mitte Oktober an einstellen können, je nach den Lichtverhältnissen dann stärker oder schwächer in Erscheinung treten und von Anfang März an wieder verschwinden. Diese Regel wird auch in fortlaufenden Aussaatversuchen, die über zwei Jahre lang mit „Bavaria“- und „Friedrichswerther Berg“-Gerste durchgeführt wurden, bestätigt. Nach den bisherigen Beobachtungen sind die Schädigungen des Blattes durch Nekrosen während des Winters am stärksten, wenn infolge niedriger Außentemperaturen starke Heizung der Gewächshäuser erforderlich ist, um eine Innentemperatur von $15\text{--}20^{\circ}\text{C}$ zu erzielen.

Der Einfluß verschiedenen Lichtgenusses auf die Stärke der Nekrosen wird experimentell auch noch durch die Ergebnisse einer Versuchsreihe gezeigt, in der „Bavaria“-Gerste durch Bedecken mit hellen und gelben Glocken sowie mit Zinksturz von Beginn des Auflaufens an in verschiedener Weise belichtet wurde.

Die Fleckigkeit trat in diesem Versuch sehr gleichmäßig bereits bei Entfaltung des ersten Blattes auf, und zwar auf sämtlichen Pflanzen der Töpfe, von denen je zwei unter derselben Glocke in mehreren Wiederholungen aufgestellt waren. Die Abschwächung der Nekrosebildung bei vermindertem Lichtgenuß tritt eindeutig hervor. Wiederholt durchgeführte Versuchsreihen dieser Art führten grundsätzlich zu dem gleichen Ergebnis.

Die Luftfeuchtigkeit scheint keinen wesentlichen Einfluß auszuüben, denn die Flecken traten fast in gleicher Weise an den frei im Gewächshaus stehenden Pflanzen (Luftfeuchtigkeit $50\text{--}70\%$) wie auf den unter heller Glocke bei 100% iger Luftfeuchtigkeit aufgestellten Pflanzen hervor.

Tabelle 1.

Blattnekrosen auf „Bavaria“-Gerste bei verschiedener Belichtung.

Versuchstemperatur: 15—18° C (Warmhaus, Südlage).

Tag der Aussaat: 3. Januar.

Anzucht in Ackererde vom Versuchsfeld Gliesmarode in 8 cm weiten Töpfen.

Dauer der Bedeckung	Intensität der Fleckigkeit		
	Helle Glocke	Gelbe Glocke	Zinksturz
1 Stunde (8—9 Uhr) . .	++(+)	++(+)	++(+)
2 Stunden (8—10 Uhr) . .	++(+)	++(+)	+++
4 Stunden (8—12 Uhr) . .	++(+)	+	++
9 Stunden (8—17 Uhr) . .	++	○ bis (+)	○
Kontrolle frei	++(+)	++(+)	++(+)

Es bedeutet: ○ = Keine Flecken, Blatt normal.

(+) = Spur von Verfärbung.

+ = Kurzer Fleck, schwache Nekrose.

++ = 1—2 Flecke pro Blatt, Gewebe in 1—3 cm Länge nekrotisch und absterbend.

+++ = 2—3 nekrotische Flecken, an denen das Blatt durchknickt.

() = Abschwächung nach dem nächst niedrigen Grad.

Die Entwicklung der Nekrosen bei Anzucht der Gerste in verschiedenen Bodenarten.

Aus der Umgebung von Braunschweig konnten verschiedene Böden erhalten werden, die sich in ihren physikalischen Eigenschaften weitgehend voneinander unterscheiden, nämlich:

1. Leichter (lehmiger) Sand (neutral),
2. Schwerer bindiger Kleiboden (schwach alkalisch),
3. Humose Angererde (neutral),
4. Reiner Lehm aus der Grube (sauer).

Als Kontrolle diente sandiger Lehm Boden (neutral) vom Versuchsfeld Gliesmarode, in dem unsere laufenden Aussaaten für Rostinfektionsversuche herangezogen werden, und in dem die Fleckenbildung an manchen Sorten stark hervortritt.

Daneben wurde noch ein gut verrotteter Kompost (schwach alkalisch) zum Vergleich herangezogen und außerdem Kulturen in erdigem Bausand (neutral) sowie in Hohenbockaer Quarzsand gehalten.

Das Ergebnis einer vergleichenden Versuchsreihe mit den erwähnten Böden ist in Tabelle 2 dargestellt. Der Versuch war noch derart variiert, daß eine Reihe von Töpfen nur die reine Erde enthielt, während in einer zweiten Reihe eine einmalige Zugabe von 10 ccm Poppelsdorfer Nährlösung (nach Bruch) und in einer dritten eine solche von 5 ccm

einer 1,5 %igen Kalziumnitratlösung je Topf (190 g Erde) kurz vor dem Auflaufen erfolgte.

Wesentliche Unterschiede in der Zeit des Auflaufens waren zwischen den einzelnen Böden nicht vorhanden, so daß also die Verschiedenheiten im Auftreten der Nekrosen an den Gerstenpflanzen nicht etwa durch zeitlich verschiedene Lichtwirkung verursacht sind. In der Regel erkrankten sämtliche zehn Pflanzen eines Topfes.

Das bemerkenswerte Ergebnis dieser Versuchsreihe ist vollständiges Fehlen von Blattflecken oder Nekrosen bei den in Komposterde herangezogenen Pflanzen, die sich natürlich durch besonders üppige Entwicklung auszeichneten.

Tabelle 2.

Einfluß der Bodenart auf das Zustandekommen von Blattnekrosen.

Sorte: „Bavaria“. Aussaat: 9. Januar. Befund: 22. Januar.

Temperatur des Gewächshauses: 15–18° C.

Angießen der Töpfe mit Leitungswasser.

Bodenart	Intensität der Fleckenbildung		
	Boden normal	Je Topf 10 ccm Poppelsdorfer Nährlösung	Je Topf 5 ccm einer 1,5 %igen Kalziumnitratlösung
Sehr leichter lehmiger Sand . . .	+	++	++
Schwerer bindiger Klei	++(+)	++(+)	++
Humoser Anger	++(+)	+++	++
Reiner Lehm aus der Grube . . .	+	++	++
Sandiger Lehm (Kontrolle)	++(+)	+++	++
Kompost	○	○	○
Bausand	○ bis (+)	○ bis (+)	○ bis (+)
Hohenbockaer Quarzsand	(+)	(+)	(+)

Am stärksten traten die Nekrosen in schwerem Kleiboden, in Angererde und in dem Gliesmaroder leichten Lehm Boden auf; im Sandboden waren sie schwächer vertreten, in Bausand und Hohenbockaer Quarzsand zeigten sich auf kümmerlich entwickelten Pflanzen nur Spuren von Flecken. Sowohl Poppelsdorfer Nährlösung wie auch Kalziumnitrat bewirkten in einigen Fällen schwache Förderung der Nekrosen. Da die Böden verschiedene Azidität aufwiesen, liegt der Gedanke nahe, daß der pH-Wert von Einfluß auf das Zustandekommen der Nekrosen ist.

Zur Prüfung dieser Frage wurde gleichzeitig mit dem in Tabelle 2 wiedergegebenen Versuch eine Versuchsreihe mit Komposterde und gewöhnlicher Ackererde vom Versuchsfeld Gliesmarode (neutraler, leichter,

sandiger Lehm) durchgeführt. Zur Ansäuerung des Bodens wurde stark verdünnte Salzsäure verwendet (13,3 ccm conc. HCl je 1000), die Alkalisierung mit Natriumkarbonat ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O}$) vorgenommen, und zwar wurde eine Lösung von 20 g Natriumkarbonat je 1 Liter destilliertes Wasser hergestellt. Von diesen beiden Lösungen wurden je Topf von 8 cm Weite (190 g Erde) 4, 8, 16 und 32 ccm einen Tag nach der Aussaat gegeben. Eine merkliche Verschiedenheit des Auflaufens lag auch bei der stärkeren Alkali- bzw. Säuregabe nicht vor, so daß die erhaltenen Werte miteinander vergleichbar sind. Während die in unseren Rostversuchen allgemein verwendete gewöhnliche Versuchsfelderde keine eindeutigen Unterschiede zeigte, trat bei Komposterde mit zunehmender Alkalisierung Nekrosebildung ein, deren Stärke schließlich diejenige des gewöhnlichen Lehmbodens erreichte. Daraus ergibt sich, daß bei manchen Böden der Reaktionszustand für das Zustandekommen der Nekrosen von Bedeutung sein muß, und daß wir z. B. nicht bei jeder Komposterde normal entwickelte Pflanzen ohne Nekrosen erwarten können.

Tabelle 3.

Einfluß der Bodenreaktion auf das Zustandekommen der Nekrosen.

Sorte: „Bavaria“. Aussaat: 9. Januar. Befund: 22. Januar. Temperatur: 15–18° C.

Konzentration der Lösungen: Vergl. Text.

Bodenart	Boden normal	Mit Salzsäurelösung je Topf				Mit Natriumkarbonatlösung je Topf			
		4 ccm	8 ccm	16 ccm	32 ccm	4 ccm	8 ccm	16 ccm	32 ccm
Sandiger Lehm . . . (Gliesmarode)	++	++	++	++	++	+(+)	+(+)	++	++
Komposterde . . .	○	○	○	○	○	+	+(+)	+(+)	++

Weitere Versuchsreihen, in denen mit allen in Tabelle 2 angeführten Bodenarten entsprechende Ansäuerung bzw. Alkalisierung vorgenommen wurde, bestätigten dieses Ergebnis: Mit zunehmender Alkalisierung zeigen manche Böden Tendenz zu stärkerer Ausbildung der Nekrosen. So trat bereits ein Unterschied auf, je nachdem ob die Pflanzen dauernd mit Regenwasser oder mit kalkhaltigem Leitungswasser begossen wurden. Die Schwierigkeit der einwandfreien Beurteilung der Wirkung verschiedener Bodenarten liegt aber darin, daß Temperatur und Licht einen weit größeren Einfluß ausüben, als die Bodenunterschiede selbst und deren Einfluß überdecken können, und daß sich besonders der Lichtfaktor unter den üblichen Gewächshausbedingungen nicht konstant gestalten läßt.

Einfluß verschiedener Salze.

In einigen weiteren Versuchsreihen, die im Februar 1936 zur Durchführung kamen, sollte der Einfluß verschiedener Salze, besonders von

Stickstoffsalzen, auf die Nekroseentwicklung in den einzelnen Bodenarten geprüft werden. Als Versuchssorte diente wiederum „Bavaria“-Gerste. Zur Verwendung kamen u. a.:

Kalziumnitrat
Ammoniumnitrat
Kaliumnitrat
Ammoniumsulfat
Ammoniumchlorid
Kaliumsulfat.

Jedem Topf (190 g Erde) wurden 5 ccm einer 1,5 % igen Lösung von diesen Salzen verabreicht. Wenn auch die Nekrosen zur Zeit der Versuche nicht mehr in voller Stärke zur Entwicklung kamen, so machten sich doch deutliche Unterschiede in der Salzwirkung je nach Bodenart bemerkbar. So fehlten die Nekrosen vollständig bei Ammoniumsulfat, und zwar in allen Bodenarten (Klei, Anger, Lehm, Lehmiger Sand, Sandiger Lehm, Kompost, Sand); auch bei Ammoniumnitrat wurden sie unterdrückt mit Ausnahme bei Klei- und Angerboden, die noch Spuren von Fleckigkeit entstehen ließen. Bei den übrigen Salzen war eine gleichsinnige Wirkung nicht zu erkennen, sondern je nach Bodenart konnte teils Förderung, teils Herabsetzung der Fleckigkeit beobachtet werden. Auf Einzelheiten soll nicht eingegangen werden. Auch hier lag die Schwierigkeit in dem unbestimmten Auftreten der Nekrosen je nach den Lichtverhältnissen, die gerade beim Auflaufen herrschen. Erwähnt sei nur noch, daß außerdem Kupfersulfat, Borax und Borsäure, die in verschiedener Menge gelöst bis zur Schädigungsgrenze gegeben wurden, keine eindeutige Wirkung auf das Zustandekommen der Nekrosen erkennen ließen. Einige Versuche, in denen schließlich in Sandkultur der Einfluß variiert Nährsalzgaben genauer ermittelt werden sollte, scheiterten daran, daß sich die Nekrosen in den betreffenden Versuchsreihen zu schwach entwickelten.

Zusammenfassung.

1. Keimpflanzen von Gerste zeigen in den Wintermonaten bei Anzucht im Warmhaus vielfach mit Entfaltung des ersten Blattes eigenartige Degenerationserscheinungen, die sich zunächst als fettfleckartige Veränderungen der Blattspreite bemerkbar machen und nach kurzer Zeit ein glasiges, nekrotisches Gewebe hinterlassen.
2. Hat das erste Blatt sein Wachstum abgeschlossen, so kommt es selten mehr zur Erkrankung, auch nicht bei günstiger Konstellation der Außenbedingungen. Die folgenden Blätter können aber unter dieser Voraussetzung wieder erkranken.
3. Ein Erreger konnte nicht isoliert werden. Es wird angenommen, daß die Fleckenbildung durch Stoffwechselstörungen ausgelöst ist.

4. Der Boden übt einen Einfluß auf das Zustandekommen der Nekrosen aus, und zwar scheint besonders der Reaktionszustand von Bedeutung zu sein. Alkalisierung fördert bei gewissen Bodenarten die Entstehung der Nekrose.
5. Ammoniumsulfatgaben verhinderten in jeder der benutzten Bodenarten („Klei“, Lehm, lehmiger Sand, Sand, „Anger“) das Auftreten von Nekrosen; Ammoniumnitrat wirkte ähnlich. Andere Nährsalze zeigten je nach Bodenart verschiedene Wirkung, unterdrückten aber die Nekrosebildung nirgends vollständig. Auch Kupfersulfat und Borsäure zeigten keine sichere Wirkung.
6. Die Intensität der Erkrankung ist bei den einzelnen Gerstensorten sehr verschieden, der Typus jedoch, soweit Erkrankung eintritt, überall derselbe. Auch einige Hafersorten können während des Winters im Warmhaus ähnliche Nekrosen, wie sie hier bei Gerste beschrieben sind, entwickeln, doch ist das Auftreten bei Hafer relativ selten.
7. Bei Prüfungen von Gerstenkeimpflanzen im Gewächshaus gegenüber Rost, Mehltau und anderen Pilzen können die beschriebenen Blattnekrosen erhebliche Störungen verursachen. Hinweise zu ihrer Beseitigung ergeben sich aus den mitgeteilten Befunden.

Schriftenverzeichnis.

- 1 Christensen, J. J. Nonparasitic leaf spots of barley. — *Phytopathology*, **24**, 1934. 726—742.
- 2 Correns, C. Über eine nach den Mendelschen Gesetzen vererbte Blattkrankheit (Sordago) der *Mirabilis jalapa*. *Jahrb. für wissenschaftliche Botanik*, **56**, 1915. 585—616.
- 3 Honecker, L. Die Bestimmung der physiologischen Rassen des Gerstenmehltaus (*Erysiphe graminis hordei* Marchal). *Phytopathologische Zeitschr.*, **10**, 1937. 197—222.
- 4 McKinney, H. H. A mosaic of wheat transmissible to all cereal species in the tribe Hordeae. *Jour. Agr. Res.*, **40**, 1930, 547—556.
- 5 Straib, W. Untersuchungen über erbliche Blattnekrosen des Weizens. *Phytopath. Zeitschrift*, **8**, 1935, 541—587.
- 6 Straib, W. Die Bestimmung der physiologischen Rassen des Gerstenzwergerostes, *Puccinia simplex* (Kcke.) Erikss. et Henn. *Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt*, **22**, 1936, 43—63.

Untersuchungen zum Verlauf der Herbstinfektion und Überwinterung des Gelbrostes auf Weizen und Gerste.

Von

W. Straib.

Mit 4 Abbildungen.

Inhaltsübersicht: I. Fragestellung. — II. Versuchsdurchführung. — III. Witterungsverhältnisse während der Versuchswinter. — IV. Versuchsergebnisse. — V. Besprechung der Ergebnisse und Schlußfolgerungen. — VI. Zusammenfassung. — VII. Schriftenverzeichnis.

I. Fragestellung.

Durch verschiedene ältere Beobachtungen (1, 6, 7, 8), die neuerdings durch die Untersuchungen von Gaßner und Pieschel (2) bestätigt und erweitert wurden, ist die Überwinterung des Gelbrostes im Uredostadium erwiesen. Sind damit auch bereits wesentliche Punkte der Überwinterungsfrage geklärt, so wissen wir andererseits noch verhältnismäßig wenig über die Rolle, welche die einzelnen Wirte dabei spielen. Fast gänzlich offen ist vor allem die Frage, wie sich die verschiedenen Getreidesorten bei der Gelbrostüberwinterung verhalten und welche Beziehungen zum Befall während der Hauptvegetationszeit bestehen. Dabei wäre auch der Spezialisierung des Gelbrostes Rechnung zu tragen. Von besonderer Bedeutung ist naturgemäß in diesem Zusammenhang der Einfluß der allgemeinen Witterungsfaktoren auf die Überwinterungsmöglichkeiten von *Puccinia glumarum*, worüber sich nur im Laufe einer längeren Beobachtungszeit zuverlässige Anhaltspunkte gewinnen lassen.

Solchen Fragen wird in der vorliegenden Arbeit in erster Linie nachgegangen. Unsere diesbezüglichen Versuche sind aber, wie vorausgeschickt werden muß, nicht hauptsächlich zur Klärung der Überwinterungsfrage von *Uredo glumarum* durchgeführt. Vielmehr liegt der Versuchsanstellung das Problem der Anfälligkeit des Weizens gegenüber physiologischen Rassen von *Puccinia glumarum* in den verschiedenen Entwicklungsstadien zu Grunde. Die Herbst- und Winterinfektion der jungen Saat stellt einen Teilabschnitt dar, über den zunächst berichtet werden soll. In einer zweiten Arbeit wird das Gelbrostverhalten derselben Weizensorten in der Hauptvegetationszeit während des Frühjahrs und Sommers untersucht. Dabei soll dann auch die Auswertung der

Gesamtergebnisse für die Epidemiologie von *Puccinia glumarum*, die unter den Getreiderosten in verschiedener Hinsicht eine Sonderstellung einnimmt, vorgenommen werden.

II. Versuchsdurchführung.

Die Versuche sind in vier aufeinanderfolgenden Wintern von 1934/35 bis 1937/38 auf dem Versuchsfeld Braunschweig-Gliesmarode durchgeführt. Zur Prüfung wurden Weizensorten herangezogen, die erfahrungsgemäß in den einzelnen Entwicklungsstadien Resistenzverschiebungen aufweisen, und die besonders während des Sommers größere Unterschiede ihrer Anfälligkeit gegenüber den zu prüfenden Gelbrostrassen erkennen lassen. Über ihr Verhalten während des Winters lagen noch keine speziellen Beobachtungen vor, doch zeigte sich im Laufe der Untersuchungen, daß sie auch in dieser Hinsicht ein ausgezeichnetes Beobachtungsmaterial abgaben. Bewußt waren einige besonders winterharte Weizen einbezogen. In der Hauptsache sind deutsche Weizensorten gegenüber 3 wichtigen, in Deutschland verbreiteten Gelbrostrassen (R. 2, 7, 9) geprüft. Entsprechende Versuche mit Gerste und ihrer spezifischen Gelbrostrasse (R. 23) sind im letzten Winter aufgenommen.

Die Getreidesorten, auf denen die Überwinterung der verschiedenen Gelbrostrassen beobachtet wurde, sind im Herbst meist in 1,5 qm großen Parzellen (20 : 5 cm Kornabstand) in mehrfacher Wiederholung ausgesät. Als günstigster Aussaattermin für solche Versuche erwiesen sich die letzten September- und ersten Oktobertage. Bei früherer Aussaat, also Mitte September, besteht die Gefahr unbeabsichtigter Braunrostinfektionen, die sich für die spätere Gelbrostbeobachtung störend bemerkbar machen können. Andererseits liegen Aussaaten nach Mitte Oktober zum Zwecke der Gelbrostinfektion für Gliesmaroder Verhältnisse schon etwas zu spät, weil bei kühlem Herbst das Auflaufen der Saat erst im November erfolgt, wodurch sich die Aussichten für das Gelingen der künstlichen Infektion stark verringern.

Die Impfung der Weizensorten mit den verschiedenen Gelbrostrassen wurde alsbald nach dem Aufgang der Saat eingeleitet und die Pflanzen am Spätnachmittag mit Sporenaufschwemmungen bespritzt (Holderspritze). Zur Sicherung des Infektionserfolges wurden die beimpften Parzellen in den beiden ersten Versuchsjahren zwei Tage lang mit Nesseltuchsegeln, teilweise auch mit feuchten Säcken oder Rohrmatten abgedeckt. Auf diese Weise wird verhindert, daß die Sporenflüssigkeit rasch wieder verdunstet; gleichzeitig entsteht eine feuchte Kammer, besonders wenn der Boden vorher angegossen wird. In anderen Infektionsreihen zeigte es sich aber, daß an regenfeuchten Tagen die Infektion auch ohne Abdecken der Pflanzen ausgezeichnet gelingen kann. Ebenso bringt die am Abend vorgenommene Impfung an windstillen Tagen bei reichlicher nächtlicher

Taubildung ausreichenden Infektionserfolg. In den beiden letzten Versuchswintern 1936/37 und 1937/38 wurden auch noch infizierte Pflanzen von Michigan Amber-Weizen, die im Gewächshaus herangezogen und hier beimpft worden waren, nachdem sie starke Pustelausbrüche zeigten, in die Parzellen einpikiert.

Der Versuchsfeldboden ist ein leichter sandiger Lehm. Die Bodenunterschiede der von uns gewählten Versuchsstücke sind an sich gering; wohl aber liegt der Grundwasserspiegel der leicht abfallenden Südwestlage etwas höher als an den übrigen Stellen, so daß hier im Frühjahr der Boden länger feucht bleibt.

Zur Ermittlung des Infektionserfolges wurden die Pflanzen im Vorwinter nach Möglichkeit ausgezählt. Eine zweite Auszählung der befallenen Pflanzen wurde im Frühjahr vorgenommen. Dabei blieb unberücksichtigt, ob an einer Pflanze nur ein Blatt oder mehrere Blätter Pustelausbrüche zeigten. Zu variationsstatistischen Berechnungen lassen sich die gewonnenen Zahlen allerdings nicht gut einsetzen, weil der Infektionserfolg auf solchen Weizenpflanzen von verschiedenen Einflüssen abhängig ist, deren absolute Gleichgestaltung uns auch bei sorgfältigster Versuchsanstellung im Felde versagt bleiben muß. Schon das Bespritzen läßt sich nicht mit solcher Gleichmäßigkeit durchführen, daß die Sporenflüssigkeit an allen Blättern und in allen Parzellen in derselben Menge haftet. Selbst die Infektion an Regentagen ergibt Schwankungen im Befallsprozent der einzelnen Reihen und Parzellen. Auch Bodenungleichheiten können mitsprechen. Die Natur arbeitet in dieser Hinsicht bedeutend sicherer. Trotzdem haben wir eine starke spontane Infektion der Herbstsaat, wie sie Gaßner (2) 1925 in der Magdeburger Börde beobachtete, verhältnismäßig selten zu verzeichnen, so daß wir, um nicht vom Zufall abhängig zu sein, zur Klärung der aufgeworfenen Fragen an künstliche Infektion gebunden sind. Auch mit Rücksicht auf die Rassenkontrolle erscheint eine solche einwandfreier.

III. Witterungsverhältnisse während der Versuchswinter.

Der für die Beurteilung der Infektions- und Versuchsergebnisse in erster Linie wichtige Temperaturverlauf ist für die vier Versuchswinter in den Abb. 1—4 graphisch dargestellt (nach Beobachtungen auf dem Versuchsfeld Braunschweig-Gliesmarode).

Unseren allgemeinen Aufzeichnungen über den Witterungsverlauf während der Versuchswinter in Braunschweig-Gliesmarode entnehmen wir folgendes:

1934/35. — Außerordentlich milder, feuchtwarmer Herbst und Vorwinter; dreitägige Unterbrechung (26.—28. Dezember 1934) durch schwachen Frost und leichten Schneefall. Dann wieder verhältnismäßig mild bis 7. Januar 1935. Von da ab Schnee und Frost bis etwa Mitte Februar. Nach Tauwetter in der zweiten Februarhälfte von Anfang bis Mitte März wieder Frost und Schneefälle. Bis Mitte April reichlich Regen und verhältnismäßig kühl, nur einzelne wärmere Tage. Zweite Aprilhälfte trocken, aber ebenfalls kühl mit ein-

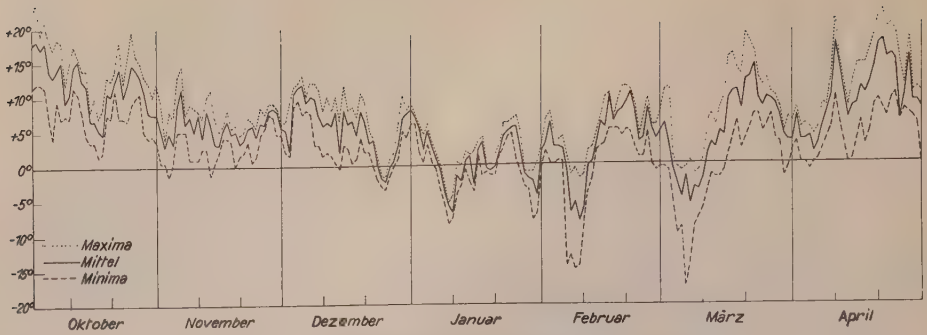


Abb. 1. Temperaturverlauf im Winter 1934/35.

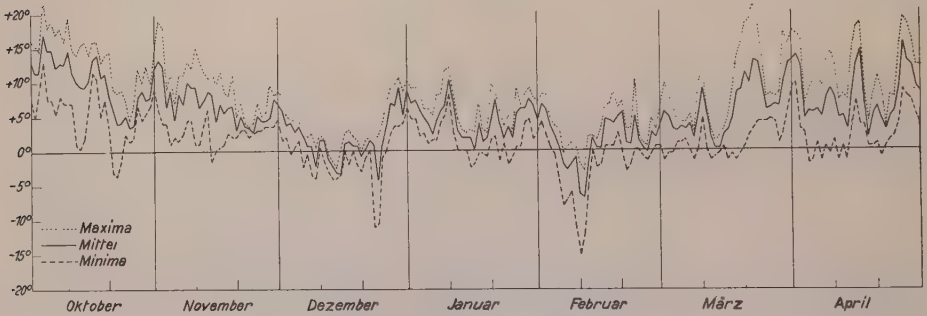


Abb. 2. Temperaturverlauf im Winter 1935/36.

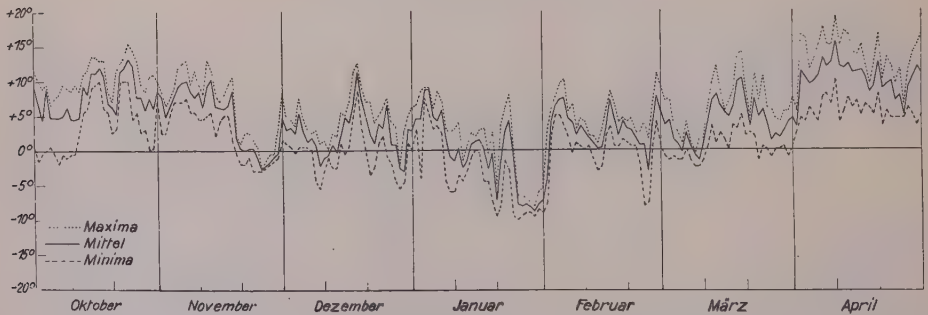


Abb. 3. Temperaturverlauf im Winter 1936/37.

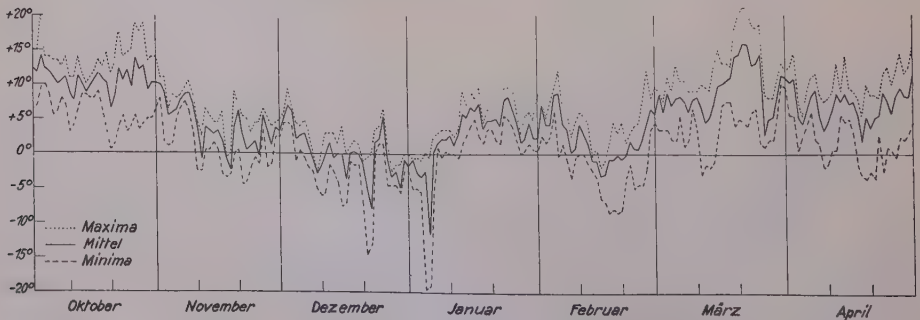


Abb. 4. Temperaturverlauf im Winter 1937/38.

zelenen Nachtfrosten. — Wir verzeichnen somit 1934/35 einen sehr milden Vorwinter bis nach der Jahreswende und einen verhältnismäßig langen und naßkalten Nachwinter.

1935/36. — Von der Aussaat bis zum 4. Dezember mild und feucht. Frost nur an einigen Tagen Ende Oktober. 3./4. Dezember Frostnacht, vorübergehend milder, 7./8. Dezember Frost, 9. Dezember starker Frost. Ab 10. Dezember zunächst über 0°, dann wieder Frost; ab 20. Dezember Schneedecke, die bis zum 26. Dezember anhält. Es folgen Tauwetter und milde Witterung um die Jahreswende. Ab 15. Januar wieder Frost (ohne Schnee), doch nur zwei Tage lang. Anschließend Milderung und Regenfälle. 5. Februar leichter Schneefall und Frost, 9. Februar noch etwas mehr Schnee und starker Frost. Schneeschmelze am 12. Februar, vorübergehend nochmals Frost, ab 15. Februar Tauwetter und vollständiges Verschwinden der Schneedecke. Bis 24. Februar sehr mild, 24./25. Februar leichter Schneefall und Nachtfrost; 27. Februar Schnee nahezu wieder verschwunden. Bis 5. März relativ mild, dann feuchtkalt und teilweise leichte Nachtfroste, tagsüber selten aufklarend. Ab 17. März rascher Temperaturanstieg; das tagsüber warme und sonnige Wetter hält bis 24. März an, dann wird es vorübergehend wieder kühler. Ende März warm und feucht (leichte Niederschläge). Erste Aprilhälfte trocken und kühl mit Nachtfrosten, zweite Aprilhälfte naßkalt und an einzelnen Tagen Schneeschauer. — Der Witterungsverlauf des Winters 1935/36 ähnelt also in gewisser Beziehung demjenigen des Winters 1934/35. Beide Jahre zeichnen sich durch einen relativ milden Herbst aus, während das Frühjahr verhältnismäßig naßkalt ist.

1936/37. — Im Gegensatz zu den beiden vorausgegangenen Jahren verhältnismäßig kalter Herbst. Anfang Oktober verschiedene Frosttage mit erheblicher Bodenabkühlung. Es folgt überwiegend unbeständige und regnerische Witterung sowohl im Oktober als auch im November bei im allgemeinen tiefer liegenden Temperaturen als in den Vorjahren. Ende November Frost. Milderer ersten Dezembertagen folgt vom 9. bis 15. Dezember scharfer Frost. In der zweiten Dezemberhälfte wechseln Frost und milde Witterung. Die ersten Tage im Januar 1937 sind verhältnismäßig mild; ab 9. Januar überwiegen Frost und Schneefälle, und zwar bis Anfang Februar. Nach Milderung bis zum 19. Februar Wechsel zwischen Frost, Schnee und Regen. März ziemlich naßkalt, erst Anfang April setzt Erwärmung ein.

1937/38. — Oktober ohne wesentliche Niederschläge und sehr mild. Auch der November bringt wenig Niederschlag. Er ist im ersten Drittel noch verhältnismäßig mild, in der zweiten Novemberhälfte herrscht aber häufig, teilweise sogar anhaltend Frost; am 18./19. November dünne Schneedecke. Die Milderung in den ersten Dezembertagen (Auf-tauen) ist nur von kurzer Dauer. Am 6./7. Dezember wieder leichter Nachtfrost, am 8./9. Dezember starke Schneefälle (8—10 cm). Schneedecke bleibt bei teilweise tiefen Frosttemperaturen im großen ganzen bis zum 23. Dezember erhalten. Es folgt kurzes Tauwetter, so daß am 25. Dezember die Felder wieder schneefrei sind. Ab 27. Dezember wieder Frost, am 28. Dezember leichter Schneefall (2 cm). Bei Frost bleibt Schneedecke erhalten; sie wird Anfang Januar 1938 durch starke Schneefälle auf zirka 15 cm verstärkt. 7. Januar Tauwetter, verharschte Schneedecke bleibt jedoch bis zum 13. Januar. Die zweite Januarhälfte ist in der Hauptsache naßkalt und regnerisch, das erste Februardrittel verhältnismäßig milde und sonnig; dann wird es wieder kälter. Mitte Februar Schneefälle (5 cm) und Frost. Unter dem Einfluß der Sonneneinstrahlung langsames Verschwinden der Schneedecke; am 22. Februar sind die Felder nahezu schneefrei. Die starken Nachtfroste halten jedoch weiter an. Erst am 27. Februar beginnt es schnell aufzutauen, und die letzten Schneereste verschwinden. Die erste Märzhälfte ist in der Hauptsache von trockenen Winden beherrscht und verhältnismäßig kühl, aber sonnig. Von Mitte März an stärkerer Temperaturanstieg bei trockener, sonniger Witterung; ab 20. März unverhältnismäßig warm.

Herbst und Winter 1937/38 sind also gekennzeichnet durch warmen Oktober, kalten November, besonders in der zweiten Hälfte, schneereichen Dezember (fast vierwöchige ge-

schlossene Schneedecke), kalte zweite Februarhälfte, frühzeitige und starke Erwärmung im März.

IV. Versuchsergebnisse.

1. Versuch (Winter 1934/35).

Gelbrostrasse 2 auf Weizen.

Am 29. September 1934 wurden 10 Weizensorten, für jede Sorte vier Parzellen von 1 qm Größe, ausgesät (vergl. Tabelle 1). Das Auflaufen begann Mitte Oktober. Die erste Impfung mit Gelbrostrasse 2 wurde am 1. November 1934 vorgenommen, zwei weitere Impfungen folgten am 5. bzw. 9. November. Beimpft wurden von jeder Sorte zwei Parzellen; die dazwischen liegenden beiden Teilstücke dienten als Kontrollen, um Anhaltspunkte über die Ausbreitung des Rostes zu gewinnen. Auch ein Streifen von Michigan Amber-Weizen, durch den der ganze Versuch eingeschlossen war, wurde nicht beimpft. Das Bespritzen der Parzellen mit einer starken Sporenaufschwemmung von Rasse 2 und Abdecken mit Rohrmatten wurde jeweils am Nachmittag vorgenommen.

Die geprüften Weizensorten sind im Keimpflanzenstadium im Gewächshaus gegenüber *Puccinia glumarum* Rasse 2 bis zu einer Temperatur von 20° C ziemlich gleichmäßig anfällig (Typus IV). Nur „Ridit“ ist resistent (Typus 0—III), spaltet daneben jedoch auch anfällige Pflanzen ab.

Tabelle 1.

Herbstinfektion und Überwinterung von *Puccinia glumarum* (Rasse 2) auf verschiedenen Weizensorten im Jahre 1934/35.

Aussaat: 29. September 1934. 1. Impfdatum: 1. November 1934. Parzellengröße: 1 qm.

Weizensorten	In- fektions- typus bei 12° C	Befund vom 12. Dezember 1934				Befund vom 21. März 1935				Blatt- haltung (Herbst)
		Gesamtzahl der Pflanzen von Parzelle		Zahl der Pflanzen mit Gelbrostbefall von Parzelle		Gesamtzahl der Pflanzen von Parzelle		Zahl der Pflanzen mit Gelbrostbefall von Parzelle		
		a	b	a	b	a	b	a	b	
Michigan Amber	IV	91	88	21	20	89	87	25	20	mittel
Strubes Dickkopf	IV	93	93	23	13	91	90	23	10	aufrecht
Strubes Dickkopf	IV	85	92	23	34	80	90	23	48	aufrecht
Criewener 104	IV	96	87	62	63	96	86	96	86	liegend
Buffum	IV	96	94	28	40	93	90	50	54	liegend
Baltikum	IV	94	96	81	73	93	96	93	96	liegend
Minhardi	IV	95	90	56	56	89	82	43	59	liegend
Roter Schlanstedter	IV	94	89	8	23	92	87	7	20	aufrecht
Ridit	O—III	92	88	30	38	90	85	12	25	liegend
<i>Erythrospermum</i>	IV	93	88	66	67	91	88	91	88	liegend

Am 5. Dezember zeigten sich auf „Baltikum“ die ersten Pustelausbrüche, zwei Tage später auch auf den übrigen Sorten; die Fruktifikationszeit beträgt also 5 Wochen. Am 12. Dezember wurden die befallenen Pflanzen ausgezählt (Tabelle 1). Pustelausbrüche zeigte zu diesem Zeitpunkt nur das zuerst entwickelte Keimblatt der Pflanzen, die folgenden Blätter oder Triebe waren rostfrei.

Wenn wir den Prozentsatz infizierter Pflanzen der verschiedenen Weizensorten miteinander vergleichen, so ergeben sich nicht unerhebliche Unterschiede. Es zeigt sich, daß besonders die Sorten mit liegender Blattstellung etwas besser infiziert sind als diejenigen mit aufrechter Blattstellung. Die nicht geimpften Kontrollparzellen blieben rostfrei; auch sonst zeigte sich in anderen Versuchen des Versuchsfeldes zu dieser Zeit nirgends Gelbrost.

In der Folgezeit wird zwar der Pustelausbruch durch feuchtwarme Witterung in der Dezemberrnute noch verstärkt, die Zahl der befallenen Pflanzen ändert sich aber zunächst nicht mehr wesentlich. Das Bild ist Anfang Januar 1935 ungefähr dasselbe, vor allem sind die neu gebildeten Blätter rostfrei. Nach der Schneeschmelze (15. Februar) finden wir noch reichlich Pustelausbrüche, bei den einzelnen Sorten etwa im gleichen Verhältnis, wie es am 12. Dezember festgestellt worden war. Manche Blätter, die auf die Erde gedrückt wurden, sind inzwischen gelb geworden. An den nun folgenden frostfreien und klaren Tagen werden Pflanzenwachstum und Pustelausbruch gefördert, und am 20. Februar sind augenscheinlich mehr rostige Blätter vorhanden als Mitte Dezember. Immer noch aber sind es hauptsächlich die ersten Herbstblätter, welche Pustelausbrüche zeigen. Am gleichmäßigsten und stärksten ist der Pustelbesatz auf „Criewener 104“, „Baltikum“ und „Erythrospermum“, also wieder bei den Sorten mit ausgesprochen liegender Blattstellung zu diesem Zeitpunkt. Auch von den übrigen Sorten sind hauptsächlich solche älteren Blätter befallen, die nahe an der Erde liegen. Trotzdem es im März wieder kälter wurde als in der zweiten Februarhälfte und etwas Frost und Schneefälle zu verzeichnen sind, tritt ein Rückgang des Gesamtbefalls der Parzellen nicht ein. Die ursprünglich befallenen Pflanzen bleiben rostig. Das um diese Zeit häufig zu beobachtende Absterben zahlreicher unterer Blätter war mit einigen Ausnahmen nur in geringem Umfang festzustellen. Merkwürdigerweise starben bei den besonders winterharten Sorten „Minhardi“ und „Buffum“ eine höhere Anzahl unterer Blätter ab als bei den anderen Sorten. Etwas gelitten hatte auch „Roter Schlanstedter“, während besonders „Criewener 104“ vollständig grün blieb und stets einen frischen Eindruck hinterließ.

Das bei der Auszählung der rostigen Pflanzen vom 21. März erhaltene Ergebnis findet sich in Tabelle 1 dargestellt.

Vergleichen wir die Überwinterungszahlen mit denjenigen der Herbstinfektion, so ergibt sich, daß die Zahl der rostigen Pflanzen bei fast allen Sorten größer geworden ist als im Herbst, daß aber die Ausbreitung bei den einzelnen Sorten verschieden verläuft. Sie ist am weitesten vorgeschritten bei denjenigen Weizensorten, die bereits starke Herbstinfektion zeigten („Criewener 104“, „Baltikum“, „Erythrospermum“). Die Unterschiede würden noch deutlicher, wenn wir auch die Zahl der Blätter mit Pustelausbrüchen zum Vergleich herangezogen hätten, die

bei „Criewener 104“ oder „Baltikum“ diejenige bei „Strubes Dickkopf“ und auch „Michigan Amber“ pro infizierte Einzelpflanze augenscheinlich bei weitem übertrifft.

Durch Markierung einer Anzahl der Pflanzen konnte festgestellt werden, daß die Pflanzen mit Herbstinfektion in den meisten Fällen auch im Frühjahr noch Rostausbrüche aufweisen. Wenn darüber hinaus bei „Criewener 104“ oder „Baltikum“ noch eine Zunahme des Gesamtbefalles vorhanden ist, so handelt es sich hierbei nicht mehr um ursprüngliche Herbstinfektion, sondern offenbar um Sekundärinfektionen, die Mitte Dezember eingetreten sein müssen und durch relativ milde und feuchte Witterung begünstigt wurden.

Im übrigen aber muß die örtliche Verbreitung des Gelbrostes durch Sekundärinfektionen in diesem Winter gering geblieben sein, denn die zwischen den infizierten Parzellen liegenden nicht beimpften Kontrollparzellen, die von den ersten nur durch einen 50 cm breiten Weg getrennt lagen, zeigten bis nach der Schneeschmelze, also bis Mitte und Ende Februar, keine Pustelausbrüche. Erst am 21. März fanden sich einzelne Blätter mit Rostausbrüchen bei „Criewener 104“, „Baltikum“, „Buffum“, „Minhardi“ und „Erythrospermum“. Bei dem den Versuch einschließenden Michigan Amber-Weizen, der in 1 m breiten Streifen ausgedrillt worden war, konnte um diese Zeit noch kein Gelbrost gefunden werden. Ende April setzte allgemeine Infektion ein.

Eine zweite Aussaat derselben Sorten war am 22. Oktober 1934 vorgenommen worden. Die Impfung mit Rasse 2 erfolgte in entsprechender Weise unter Abdecken der Pflanzen mit Rohrmatten am 5. Dezember. Zu dieser Zeit hatten wir noch relativ milde Witterung zu verzeichnen. Weder während des Winters noch im Frühjahr wurde auf diesen Parzellen Gelbrost gesichtet. Erst als Anfang Mai 1935 spontan eine allgemeine Ausbreitung des Gelbrostes einsetzte, wurde auch diese zweite Aussaat von den rostigen Parzellen der unmittelbar daneben liegenden ersten Aussaat infiziert.

2. Versuch (Winter 1935/36).

Gelbrostrassen 2, 7 und 9 auf Weizen.

Der im Herbst 1935 angelegte Feldversuch, an dem Beobachtungen zur Überwinterungsfrage von *Uredo glumarum* durchgeführt wurden, erstreckte sich auf 25 Weizensorten, darunter 5 Sommerweizen (vgl. Tabelle 2—4). Diese wurden an drei Stellen des Versuchsfeldes ausgesät. Jede Aussaat wurde später mit einer bestimmten Gelbrostrasse beimpft (Rasse 2, 7, 9). Von jeder Weizensorte wurden diesmal vier Parzellen in Größe von 1,5 qm (8 Reihen in 20 cm Entfernung und 5 cm Kornabstand in der Reihe) angelegt. Die Aussaat fand für den zu Rasse 7 bestimmten Versuch am 27. September, für Rasse 9 am 29. September und für Rasse 2 am 1. Oktober 1935 statt. Das Auflaufen der Saat erfolgte entsprechend vom 14. Oktober an in etwa zweitägigem Abstand in der Reihenfolge der Aussaat. Als bald nach dem Auflaufen wurde mit

dem Impfen begonnen, und zwar wurden von jeder Sorte zwei Parzellen beimpft, während die beiden anderen Parzellen zur Kontrolle der Gelbrostverbreitung und der Überwinterung der Weizensorten dienen sollten.

Die Impfung im Herbst 1935 wurde an folgenden Tagen vorgenommen (Pflanzen abgedeckt):

	<i>Puccinia glumarum</i>					
	Rasse 2		Rasse 7		Rasse 9	
1. Impfung . .	23. Oktober	1935	18. Oktober	1935	21. Oktober	1935
2. Impfung . .	25. Oktober	1935	21. Oktober	1935	24. Oktober	1935
3. Impfung . .	28. Oktober	1935	1. November	1935	28. Oktober	1935
4. Impfung . .	5. November	1935	5. November	1935	5. November	1935
5. Impfung . .	12. November	1935	vacat		9. November	1935

Zur Zeit der ersten Impfung war bei den meisten Sorten nur das erste Blatt vorhanden; bei der zweiten Impfung hatte sich das zweite Blatt bereits entwickelt, während bei den folgenden Impfungen schon mehrere Blätter, teilweise auch schon Seitentriebe, vorhanden waren.

In den erstmals am 18., 21. und 23. Oktober 1935 im Freiland beimpften Pflanzen zeigten sich am 16. November bei allen drei Rassen auf verschiedenen Weizensorten beginnende Pustelausbrüche, wobei die zuerst übergeimpfte Rasse 7 zu diesem Zeitpunkt am weitesten vorgeschritten war. Ebenso wies aber auch das am 25. Oktober beimpfte Winterweizensortiment (vgl. Versuch 3, Seite 345) bereits beginnende Pustelausbrüche auf, so daß wir in diesem Herbst eine Fruktifikationszeit für die Freilandinfektion haben, die zwischen drei und vier Wochen liegt. Wenn sie damit um fast 14 Tage kürzer ist als diejenige im Herbst des Vorjahres, so hängt dies damit zusammen, daß damals erst Anfang November beimpft wurde, und daß infolgedessen die Inkubations- und Fruktifikationsdauer wegen der zu dieser Zeit bereits stärker in Erscheinung tretenden nächtlichen Abkühlung verlängert wurde.

Begünstigt durch die relativ milde Witterung nimmt der Pustelausbruch in den nächsten Tagen rasch zu, und bereits am 19. November ist allgemeine Infektion vorhanden. Da Anfang Dezember 1935 Frost eintrat und deshalb eine Verstärkung des Pustelausbruches zunächst nicht mehr zu erwarten war, wurde mit der Auszählung der infizierten Pflanzen begonnen: Für Rasse 2 und 7 erfolgte sie am 5. und 6. Dezember, für Rasse 9 am 10. Dezember. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 2—4 dargestellt. Gleichzeitig ist auch die Blattstellung der Sorten angegeben. Ebenso unterrichten die Tabellen über die im Gewächshausversuch festgestellte Anfälligkeit gegenüber den zur Feldinfektion verwendeten Gelbrostrassen, und zwar bei einer Temperatur von 12° C ¹⁾.

¹⁾ Bei der tabellarischen Darstellung der Ergebnisse haben wir darauf verzichtet, eine Fehlerrechnung durchzuführen oder die Prozentzahlen anzugeben, da, wie leicht zu erkennen ist, systematische Fehler vorliegen, die aber das Gesamtergebnis kaum beeinflussen.

Wenn wir die mit den drei Gelbrostrassen in der Freilandimpfung gewonnenen Ergebnisse einander gegenüberstellen, so zeigt sich, daß die Gesamtzahl der infizierten Pflanzen — unter besonderer Berücksichtigung der anfälligen Sorten — bei Rasse 7 durchweg etwas höher liegt als bei den Rassen 2 und 9, deren Befallsprozente sich bei den anfälligen Sorten in großen Zügen etwa auf derselben Höhe halten. Gleichzeitig ergibt sich für die Rassen 2, 7 und 9 — von einigen Ausnahmen abgesehen —, daß die Sorten mit liegender Blattstellung hinsichtlich der Zahl der infizierten Pflanzen besser abschneiden als die Sorten mit steiler Blattstellung, gleiche Anfälligkeit vorausgesetzt.

Weiter ergibt sich, daß wir mit der Gewächshausprüfung bei 10—12° C noch nicht bei allen Weizensorten die absolute Resistenz erfaßt haben. Dies gilt besonders für ihr Verhalten gegenüber den Rassen 2 und 7. So wird Heines Kolben-Weizen, der bei 10—12° gegenüber Rasse 2 bereits Typus 0 aufweist, also resistent ist, von dieser Rasse im Spätherbst durchweg stark infiziert und erzeugt reichlich Sporen ¹⁾. Daß die infizierende Rasse tatsächlich die Gelbrostrasse 2 und nicht etwa Rasse 9 war, wurde durch mehrmalige Kontrollinfektionen im Gewächshaus sichergestellt. Die starke Herbstinfektion von „Heines Kolben“ und anderen resistenten Sorten ist nicht in gleichem Umfang bei Rasse 7 zu verzeichnen, doch ergibt sich im Winter 1937/38 (vgl. Tabelle 5), daß „Heines Kolben“ auch von dieser Rasse im Winter befallen werden kann. Besser stimmt bei Rasse 9 der im Gewächshaus bei 12° erzielte Befund mit der Feldinfektion überein. Sorten, die im Gewächshaus bei 10—12° Typus 0 zeigen, sind — die unvermeidlichen Abspaltungen anfälliger Typen abgerechnet — ausnahmslos im Felde rostfrei, ebenso Sorten mit Typus *i* ²⁾.

Wir müssen allerdings annehmen, daß bei der vorliegenden Auszählung noch nicht sämtliche infizierten Pflanzen erfaßt sind, sondern nur diejenigen, bei denen die ersten Impfungen angingen. So können be-

¹⁾ Die normalerweise abspaltenden anfälligen Pflanzen (5—10%) werden dabei überdeckt.

²⁾ Eine Nebenbeobachtung sei an dieser Stelle noch vermerkt. Im Plan der Rassen 2 und 9 war etwas Quecke aufgewachsen und mit beimpft worden. Vielfach zeigten die verhältnismäßig langen, auf der Erde liegenden Blätter der Quecke Anfang Dezember ebenso wie die Weizensorten starke Pustelausbrüche. Die Rassenkontrolle ergab das Vorliegen der Rasse 2 bzw. der Rasse 9, mit denen jeweils die künstliche Infektion stattgefunden hatte. Jedenfalls konnte trotz verschiedener Probenahme keine spezifische Queckengelbrostrasse ermittelt werden. Da bei 12° C im Gewächshaus nur wenige Prozente der aus Saatgut Herkunft Gliesmarode hervorgegangenen Queckenpflanzen anfällig sind, alle übrigen aber resistent bleiben, so muß für Quecke unter dem Einfluß der tiefen Herbsttemperatur eine ähnliche Verschiebung von Resistenz nach Anfälligkeit gegenüber *Puccinia glumarum* Rasse 2 und 9 stattgefunden haben, wie wir sie bereits für „Heines Kolben“ und andere Weizensorten zu verzeichnen hatten.

sonders von der letzten Impfung, die Anfang November vorgenommen wurde, Anfang Dezember noch kaum Pustelausbrüche erwartet werden.

Trotzdem mehrere Triebe mit zahlreichen Blättern je Einzelpflanze vorhanden sind, sind fast durchweg nur das erste und zweite Keimblatt des Hauptsprosses befallen, und zwar liegt bei anfälligen wie bei später resistenten Sorten annähernd Typus IV oder III—IV vor. Wie im Vorjahre, so sind auch jetzt wieder Blätter vorhanden, die gelbliche Verfärbungen aufweisen, auf beimpften und nicht beimpften Parzellen in gleicher Weise. Bei unseren Auszählungen sind daher nur Blätter mit Pustelausbrüchen als infiziert berücksichtigt.

Die Anzahl der Pflanzen ist bei Rasse 2 und 9 am größten und gleichmäßigsten. Die Parzellen der Rasse 7 wurden teilweise nach der Aussaat durch Vogelfraß geschädigt, so daß hier die Pflanzenzahl etwas geringer ist. Prozentual wird die mit Rasse 2 im Herbst 1934 erzielte Zahl befallener Pflanzen im Herbst 1935 nicht ganz erreicht.

Verfolgen wir die Überwinterung des Gelbrostes und der einzelnen Rassen weiter, so ist am 6. Januar 1936 festgestellt, daß manche rosttragenden Blätter an den Infektionsstellen abzusterben beginnen; andere Blätter zeigen dagegen Pustelneudurchbrüche, die sich nunmehr auch auf das zweite und dritte Blatt des Haupttriebes erstrecken. Bei einer stichprobenweise vorgenommenen Auszählung einzelner Parzellen finden wir jetzt eine größere Anzahl rostiger Pflanzen als im Herbst; so zeigt „Heines Kolben“ bei Rasse 9 fast 100 % befallene Pflanzen. Die Frosttage und Schneefälle vom Dezember haben also den Pusteldurchbruch nicht aufgehalten, und durch die milde Witterung, die um die Jahreswende herrschte, wurde er gefördert. Ebenso wirkte das verhältnismäßig milde Januarwetter günstig auf Erhaltung und Verbreitung von *Puccinia glumarum*, und wir beobachten nun vor allem auch auf den jüngeren Blättern zahlreiche frische Pustelausbrüche, die entweder durch die späteren künstlichen Herbstinfektionen oder durch Sekundärinfektion Anfang Dezember hervorgerufen sein können. Dies gilt aber nicht für sämtliche Weizensorten. Unregelmäßigkeiten zeigt z. B. „Heines Kolben“. Während Anfang Dezember bei diesem Weizen im Versuch mit Rasse 2 zahlreiche befallene Pflanzen auftraten (vgl. Tabelle 2), finden wir am 6. Januar nur noch wenige Blätter mit Pustelausbrüchen. Die befallenen Herbstblätter sind bei dieser Sorte im Laufe des Dezembers größtenteils abgestorben. Umgekehrt finden wir aber bei Rasse 9 noch starken und gleichmäßigen Befall auf den meisten Pflanzen von „Heines Kolben“, während hier im Herbst nur geringes Befallsprozent vorliegt. Die Blätter mit Sekundärinfektionen und späterem Pustelausbruch wurden also durch Schnee und Frost des Dezembers weniger geschädigt als diejenigen, die vorher bereits Pustelausbruch aufwiesen.

Auch jetzt läßt sich noch beobachten, daß die anfälligen Sorten mit aufrechter Blattstellung im allgemeinen weniger Gelbrostausbrüche zeigen als die anfälligen Weizensorten mit flach an der Erde liegenden Blättern. Bei aufrechter Blattstellung finden wir die Gelbrostausbrüche meist nur in 1—2 cm Länge an der Basis der Blätter. Bei liegender Stellung dagegen weist meist die ganze Blattspreite gleichmäßig starke Pustelausbrüche auf.

Am 17. Februar 1935, nach der Schneeschmelze, beobachten wir bei allen drei Gelbrostrassen Pustelausbrüche fast noch in gleicher Stärke wie zwei Wochen früher bei der Durchsicht am 6. Februar. In der Folgezeit macht aber die Ausbreitung des Gelbrostes keine Fortschritte mehr. Im Gegenteil, es entstehen an den älteren Herbstblättern, einerlei ob sie infiziert sind oder nicht, jetzt vielfach Vergilbungen und Absterbeerscheinungen, die

wohl durch die Frostperiode in der ersten Februarhälfte verursacht sind. Auch auf den grünen Blättern sehen wir keine neuen Pustelausbrüche mehr. Mitte März hat der Gelbrostbefall gegenüber Mitte Februar bei den meisten Sorten erheblich abgenommen, denn mit zahlreichen abgestorbenen unteren Blättern ist auch der Gelbrost verschwunden. Auf manchen Weizensorten, die Anfang Dezember starke und gleichmäßige Pustelausbrüche auf zahlreichen Blättern aufweisen, finden wir heute keine Spur mehr davon.

Begünstigt durch stärkeren Temperaturanstieg in der zweiten Märzhälfte, nehmen die Pustelausbrüche auf einzelnen an der Erde liegenden Blättern Ende März wieder zu. In den ersten Apriltagen erfolgt die Auszählung der befallenen Pflanzen. Dabei glauben wir den bis dahin im Uredostadium oder als Myzel überwinterten Gelbrost erfaßt zu haben. Befallen

Tabelle 2.

**Herbstinfektion und Überwinterung von *Puccinia glumarum* (Rasse 2)
auf verschiedenen Weizensorten im Jahre 1935/36.**

Aussaat: 27. September 1935. 1. Impfen: 23. Oktober 1935. Parzellengröße: 1,5 qm.

Weizensorte	In- fektions- typus bei 12° C	Befund vom 5. Dezember 1935				Befund vom 3. April 1936				Blatthaltung (Herbst)
		Gesamtzahl der Pflanzen von Parzelle		Zahl der Pflanzen mit Gelbrostbefall von Parzelle		Gesamtzahl der Pflanzen von Parzelle		Zahl der Pflanzen mit Gelbrostbefall von Parzelle		
		a	b	a	b	a	b	a	b	
Michigan Amber . . .	IV	140	148	6	27	131	142	1	6	mittel
Strubes Dickkopf . . .	IV	148	151	16	38	148	149	0	0	aufrecht-mittel
Strubes Dickkopf . . .	IV	148	152	27	41	148	151	3	3	aufrecht-mittel
Criewener 104	IV	151	154	31	70	150	154	20	38	liegend
Buffum	IV	149	153	27	15	147	151	1	2	liegend
Baltikum	IV	151	148	101	67	145	146	18	6	liegend
Minhardi	IV	144	144	39	51	142	144	0	4	liegend-mittel
Roter Schlanstedter ¹⁾	IV	153	153	19	34	149	148	1	0	aufrecht
Ridit	O—III	64	68	18	30	63	65	1	0	liegend
Rimpaus Bastard . . .	IV	154	156	38	29	154	154	2	3	aufrecht-mittel
Carstens V	III—	149	152	26	16	149	150	1	1	mittel
Spaldings prolific . . .	IV	153	153	94	70	152	153	11	27	liegend
Cimbals Großherzog . .	IV	155	148	29	21	153	146	1	7	mittel-aufrecht
Ebersbacher Weiß . . .	IV	143	145	12	30	137	142	2	0	aufrecht
Heines II	II—III	153	154	18	37	153	150	0	0	aufrecht
Mauerner begrannter Dickkopf	III	149	152	25	40	147	151	0	2	aufrecht
Salzmünder Standard . .	III +	149	156	29	88	150	153	3	2	liegend
Svalöfs Kronen	III +	132	157	17	127	128	154	2	4	liegend-mittel
Görsdorfer	IV	146	154	35	103	142	154	25	48	liegend
Little Joss	IV	36	37	3	12	36	37	2	2	mittel
<i>Triticum monococcum</i> . .	III +	135	134	20	80	129	131	0	0	aufrecht
Peragis ¹⁾	IV	155	145	16	37	155	141	1	2	aufrecht
Hörnings grüne Dame ¹⁾	IV	154	149	14	33	152	147	3	0	aufrecht
Heines Kolben ¹⁾ . . .	O +	154	157	32	127	149	155	0	0	aufrecht
Garnet ¹⁾	IV	158	151	60	84	158	151	1	2	aufrecht-mittel

¹⁾ Diese Weizensorten sind Sommerformen, alle übrigen Winterformen.

sind hauptsächlich noch ältere, unmittelbar an der Erde liegende Herbstblätter. Teilweise sind sie schon etwas vergilbt, haben aber dann an einzelnen grünen Stellen Pustelausbrüche aufzuweisen. Durch Markierung befallener Pflanzen einzelner Sorten wurde festgestellt, daß die sporentragenden Blätter vom Dezember teilweise auch noch Anfang April rostig waren.

Im einzelnen ergibt sich aus den in Tabelle 2—4 dargestellten Überwinterungszahlen folgendes: Die Zahl der rostigen Pflanzen ist im Frühjahr bedeutend geringer als im Herbst bzw. Vorwinter. Der Rückgang im Gelbrostbefall wirkt sich bei den einzelnen Weizensorten ver-

Tabelle 3.

**Herbstinfektion und Überwinterung von *Puccinia glumarum* (Rasse 7)
auf verschiedenen Weizensorten im Jahre 1935/36.**

Aussaat: 1. Oktober 1935. 1. Impfen: 18. Oktober 1935. Parzellengröße: 1,5 qm.

Weizensorte	In- fektions- typus bei 12°C	Befund vom 6. Dezember 1935				Befund vom 6. April 1936				Blatthaltung (Herbst)
		Gesamtzahl der Pflanzen von Parzelle		Zahl der Pflanzen mit Gelbrostbefall von Parzelle		Gesamtzahl der Pflanzen von Parzelle		Zahl der Pflanzen mit Gelbrostbefall von Parzelle		
		a	b	a	b	a	b	a	b	
Michigan Amber . . .	IV	109	128	58	63	105	128	30	20	mittel
Strubes Dickkopf . . .	IV	136	138	21	33	136	137	11	10	aufrecht-mittel
Strubes Dickkopf . . .	IV	148	140	20	23	145	138	12	6	aufrecht-mittel
Criewener 104	IV	130	135	82	93	129	134	80	59	liegend
Buffum	IV	136	121	63	71	133	121	3	2	liegend
Baltikum	IV	133	140	61	88	132	140	51	40	liegend
Minhardi	IV	145	118	76	79	144	118	15	15	liegend-mittel
Roter Schlanstedter ¹⁾	III	134	110	1	2	134	110	0	0	aufrecht
Ridit	O — III	62	53	4	3	61	52	2	0	liegend
Rimpaus Bastard . . .	IV	133	127	7	17	131	124	5	19	aufrecht-mittel
Carstens V	IV	138	120	13	15	138	118	4	22	mittel
Spaldings prolific . . .	O	136	116	3	1	135	116	1	4	liegend
Cimbals Großherzog . .	IV	130	127	11	42	127	127	3	18	mittel-aufrecht
Ebersbacher Weiß . . .	III — IV	136	129	1	4	135	126	1	2	aufrecht
Heines II	IV —	134	134	3	30	134	132	4	5	aufrecht
Manerner begrannter Dickkopf	IV —	141	136	2	41	140	125	10	8	aufrecht
Salzmünder Standard . .	III +	139	144	73	96	139	144	39	17	liegend
Svalöfs Kronen	III +	120	136	49	81	118	136	26	31	liegend-mittel
Görsdorfer	IV	134	144	70	138	131	142	78	75	liegend
Little Joss	IV	24	28	6	16	24	28	8	2	mittel
<i>Triticum monococcum</i> . .	IV —	131	129	2	57	128	129	0	0	aufrecht
Peragis ¹⁾	IV	128	127	14	77	128	126	9	3	aufrecht
Hörnings grüne Dame ¹⁾	IV	131	127	1	36	127	127	0	0	aufrecht
Heines Kolben ¹⁾ . . .	O +	118	93	0	3	118	90	0	0	aufrecht
Garnet ¹⁾	IV	131	115	2	2	130	110	0	1	aufrecht-mittel

¹⁾ Diese Weizensorten sind Sommerformen, alle übrigen Winterformen.

schieden aus. Lassen wir zunächst noch die Unterschiede zwischen den Gelbrostrassen außer acht, dann ergibt sich, daß wiederum „Criewener 104“ (und der nach Voß (14) mit ihm identische Görsdorfer Weizen) an der Spitze der Überwinterungen steht. Auch „Baltikum“ liegt bei Rasse 7 und 2 relativ hoch (gegenüber Rasse 9 ist diese Sorte resistent), bei Rasse 2 außerdem noch „Spaldings prolific“ und bei Rasse 7 „Salzmünder Standard“ sowie „Svalöfs Kronen“. Es sind dies Sorten, die bereits

Tabelle 4.

**Herbstinfektion und Überwinterung von *Puccinia glumarum* (Rasse 9)
auf verschiedenen Weizensorten im Jahre 1935/36.**

Aussaat: 29. September 1935. 1. Impfen: 21. Oktober 1935. Parzellengröße: 1,5 qm.

Weizensorte	In- fektions- typus bei 12° C	Befund vom 10. Dezember 1935				Befund vom 8. April 1936				Blatthaltung (Herbst)
		Gesamtzahl der Pflanzen von Parzelle		Zahl der Pflanzen mit Gelbrostbefall von Parzelle		Gesamtzahl der Pflanzen von Parzelle		Zahl der Pflanzen mit Gelbrostbefall von Parzelle		
		a	b	a	b	a	b	a	b	
Michigan Amber . . .	IV	153	148	20	24	152	148	2	1	mittel
Strubes Dickkopf . . .	O	154	149	(4)	(3)	152	154	0	0	aufrecht-mittel
Strubes Dickkopf . . .	O	153	156	(2)	(3)	153	152	0	0	aufrecht-mittel
Criewener 104 . . .	IV	157	147	71	125	157	146	3	19	liegend
Buffum	IV	151	155	16	34	150	155	8	2	liegend
Baltikum	O	153	150	11	9	153	150	9	2	liegend
Minhardi	IV	155	142	47	34	150	142	6	2	liegend-mittel
Roter Schlanstedter ¹⁾ .	IV	149	149	26	24	149	148	1	0	aufrecht
Ridit	IV	71	87	38	50	70	87	6	4	liegend
Rimpaus Bastard . . .	IV	149	153	32	45	148	153	2	5	mittel
Carstens V	O	155	151	0	0	155	151	0	0	mittel
Spaldings prolific . . .	i	145	151	0	(2)	142	150	0	0	liegend
Cimbals Großherzog . .	O	153	151	10	7	152	149	(1)	0	mittel-aufrecht
Ebersbacher Weiß . . .	IV?	151	156	9	37	149	152	0	1	aufrecht
Heines II	IV—	147	147	56	42	145	147	0	1	aufrecht
Mauerner begrannter Dickkopf	II+	157	154	31	27	156	153	0	0	aufrecht
Salzmünder Standard . .	O	155	152	(3)	(4)	155	152	0	0	liegend
Svalöfs Kronen	O	155	150	(1)	0	153	149	0	0	liegend-mittel
Görsdorfer	IV	156	154	95	53	156	154	7	1	liegend
Little Joss	III—	40	39	13	1	40	39	2	0	mittel
<i>Triticum monococcum</i> .	IV	142	143	38	12	140	141	1	0	aufrecht
Peragis ¹⁾	IV	154	15	30	23	151	152	vac.	1	aufrecht
Hörnings grüne Dame ¹⁾	IV	151	156	17	4	148	155	0	0	aufrecht
Heines Kolben ¹⁾ . . .	IV	152	152	53	41	152	152	2	0	aufrecht
Garnet ¹⁾	IV	152	152	19	42	152	149	1	0	aufrecht-mittel

¹⁾ Diese Weizensorten sind Sommerformen, alle übrigen Winterformen.

Bei den in Klammern () gesetzten Zahlenwerten handelt es sich um ungewollte Beimischungen fremder Sorten oder um genetische Uneinheitlichkeit.

starke Herbstinfektion aufwiesen. Verhältnismäßig schwache Überwinterung fand wieder auf „Buffum“ sowie „Minhardi“ statt.

Zwischen den einzelnen Gelbrostrassen ergeben sich hinsichtlich der Zahl der überwinterten Rostherde — gleiche Gelbrostanfälligkeit der Weizensorten vorausgesetzt — nicht unbeträchtliche Unterschiede. Am meisten befallen sind die bereits im Herbst stärker infizierten Parzellen der Rasse 7, während das Überwinterungsprozent bei den Rassen 2 und 9 teilweise sehr gering ist. Da der Zeitpunkt der Herbstinfektion sich nicht ganz deckt und die Versuchsstücke nicht unmittelbar nebeneinander liegen, dabei in ihren Bodenverhältnissen bzw. in der Grundwasserführung Unterschiede zeigen, so können wir noch nicht auf ein verschiedenes Verhalten der Rassen hinsichtlich ihrer Überwinterungsmöglichkeit schließen. Ferner ergibt sich, daß die relativ resistenten Sorten, z.B. „Heines Kolben“, trotz starker Herbstinfektion im Frühjahr keine Pustelausbrüche mehr aufweisen (von den geringen Abspaltungen abgesehen).

In der Folgezeit breitet sich der Gelbrost bei allen drei Rassen weiter aus, vornehmlich wieder auf den untersten Blättern, und geht dann langsam auch auf die benachbarten, im Herbst nicht beimpften und bis Anfang April rostfreien Pflanzen über. Eine allgemeine und raschere Ausbreitung setzt erst Anfang Mai gleichzeitig mit allgemeinem Temperaturanstieg ein. Nunmehr kommt es zu bedeutenden Resistenzverschiebungen, auf die wir in einer späteren Arbeit ausführlich zurückkommen.

3. Versuch (Winter 1935/36). Gelbrostrasse 2 auf Weizen.

Ein Parallelversuch mit Rasse 2 wurde noch an unserem Winterweizensortiment durchgeführt, das am 3./4. Oktober ausgesät worden war. Die am 25. Oktober, an einem Tage mit Sprühregen, durchgeführte Impfung von über 800 Weizensorten, die in 1 qm-Parzellen ausgesät waren, brachte auch ohne Abdecken ausgezeichneten Infektionserfolg. Die ersten Pustelausbrüche zeigten sich bereits am 16. November, und zwar ganz allgemein auf den anfälligen Sorten, so daß die Inkubations- und Fruktifikationszeit nur etwa drei Wochen betrug. Auch bei einer später, am 27. und 28. Oktober infizierten weiteren Serie des Sortiments mit etwa 400 Sorten — die Impfung wurde ebenfalls an zwei Regentagen vorgenommen — erhielten wir Ende November bereits allgemein Pustelausbrüche. Leider war es aus Zeitmangel nicht möglich, an diesem umfangreichen Sortiment genauere Einzelbeobachtungen und Auszählungen vorzunehmen. Die Überwinterungsverhältnisse waren aber ähnlich wie bei dem benachbarten Versuch 2 mit Rasse 2. Sämtliche Weizensorten, mit Ausnahme der Sommerformen, waren auch im großen Sortiment enthalten, so daß sich die Versuche ergänzen und bestätigen.

4. Versuch (Winter 1936/37). Gelbrostrasse 2, 7, 9 auf Weizen.

Am 5. bzw. 7. und 8. Oktober 1936 kamen die im vorausgegangenen Winter (Versuch 2) zur Prüfung der Überwinterungsfrage von *Puccinia glumarum* verwendeten 25 Weizensorten wieder in derselben Weise zur Aussaat wie im Vorjahre, ergänzt durch einige weitere Sorten. Wiederum wurde also an drei verschiedenen Stellen des Versuchsfeldes ein Versuch mit vier Parzellen je Sorte angelegt. Die erste Impfung von je zwei Parzellen ist für die Gelbrostrassen 2, 7 und 9 am 28. Oktober 1936 vorgenommen; die

beimpften Pflanzen sind im Gegensatz zu den beiden vorausgegangenen Jahren diesmal nicht abgedeckt. Am 29. Oktober wurden in die Pläne der Rassen 2 und 9 in eine Parzelle etwa 12 stark rostige „Michigan Amber“-Pflanzen (1 Topf) eingesetzt; am 12. November wurden solche Pflanzen auch in die zweite Parzelle gebracht. Am 3. Dezember kamen in zwei Parzellen des Planes der Rasse 7 stark rostige Pflanzen von Michigan Amber-Weizen. Weitere Impfungen mit Rasse 2 und 9 erfolgten am 5. Januar 1937. Obwohl also die erste Impfung ebenso früh vorgenommen wurde wie im Herbst 1934 und trotzdem sich gleichzeitig sporentragende Pflanzen in den Parzellen befanden, wurde während des Winters und auch im Frühjahr, von verschwindender Ausnahme abgesehen, auf keiner der zahlreichen Parzellen Pustelausbruch beobachtet. Selbst wenn wir annehmen, daß die erste Herbstimpfung mit Zerstäuber infolge ungünstiger Infektionsbedingungen nicht anging, so verbreitete sich der Gelbrost auch von Pflanzen mit Pustelausbrüchen aus nicht weiter. Scheinbar wurde infolge der längere Wochen anhaltenden trocken-kalten Witterung nicht nur das Zustandekommen der Infektion beeinträchtigt, sondern auch die Weiterentwicklung des Myzels gehemmt.

Bei einer Durchsicht der Versuche am 18. März 1937 zeigten die eingesetzten „Michigan Amber“-Pflanzen nirgends mehr Gelbrostausbrüche. Vielmehr waren ihre ersten Blätter, die noch am 17. Dezember starke Pustelausbrüche aufwiesen, abgestorben; auch die dritten und folgenden Blätter, die im Dezember teilweise schon vorhanden waren, blieben gelbrostfrei. In den Parzellen konnte nur im Plan der Rasse 2 auf „Crieuener 104“ und „Spaldings prolific“ am 18. März je ein Blatt mit Pustelausbruch gefunden werden. Die Kontrolle ergab das Vorliegen von Rasse 2, mit der infiziert worden war. Das sporentragende Blatt starb aber bei „Spaldings prolific“ in der Folgezeit ab, während wir bei „Crieuener 104“ am 7. April vier weitere Pflanzen finden konnten, deren unterstes Blatt frische Pustelausbrüche trug.

5. Versuch (Winter 1937/38).

Gelbrostrasse 7 auf Weizen.

Von den in Tabelle 5 näher bezeichneten 37 Weizensorten wurden am 14. Oktober 1937 1,5 qm große Parzellen in doppelter Wiederholung ausgesät. Am 30. Oktober, wenige Tage nach Beginn des Auflaufens, wurde erstmals mit einer Sporenaufschwemmung der Rasse 7 beimpft und dann am 3. November stark rostige Pflanzen von Michigan Amber-Weizen (in drei Töpfen) in die Parzellen einpikiert. Weitere Impfungen mit Zerstäuber folgten noch am 6., 8., 9. und 15. November. Die Impfung wurde im allgemeinen bei feuchtem Wetter (Nieselregen) am Nachmittag vorgenommen, die Pflanzen aber nicht abgedeckt. Zu Pustelausbrüchen kam es vor Beginn des Schneefalls (8. Dezember) nicht mehr. Unmittelbar nach der Schneeschmelze wurden am 14. Januar bei jeder Sorte die Pflanzen von 5 Reihen einer Parzelle herausgenommen, in Töpfe pikiert und ins Gewächshaus gebracht (15°), um die Infektion zu kontrollieren. Bereits beim Pikieren konnten vereinzelt beginnende Pustelausbrüche wahrgenommen werden. Nachdem die Pflanzen dann noch einige Tage im Gewächshaus standen, brachen die Pusteln, soweit die Herbstinfektion gelungen war, auf dem ersten Blatt überall durch. Das Ergebnis dieser Prüfung ist in Tabelle 5 zusammengefaßt.

Tabelle 5.

**Herbstinfektion und Überwinterung von *Puccinia glumarum* (Rasse 7)
auf verschiedenen Weizensorten im Jahre 1937/38.**

Aussaat: 14. Oktober 1937. 1. Impfen: 30. Oktober 1937. Parzellengröße: 1,5qm.

Weizensorte	Blatthaltung (im Herbst ²)	In- fektions- typus bei 12° C	Befund am 14. Januar 1938		Befund vom 21. März 1938			
			Eingetopfte Pflanzen		Im Felde verbliebene Pflanzen			
			Gesamtzahl	Infiziert	Gesamtzahl von Parzelle		Pflanzen mit Gelbrostbefall der Parzelle	
					a	b	a	b
Carstens V	mittel-aufrecht	IV	39	8	53	94	1	1
Cimbals Großherzog . . .	aufrecht	IV	9	1	17	30	2	1
Criewener 104	liegend	IV	23	8	49	111	14	13
Ebersbacher Weiß	aufrecht	III—IV	26	2	38	65	0	1
Heine II	aufrecht	IV—	21	2	40	51	0	3
Mauerner begr. Dickkopf .	mittel	IV—	28	0	38	55	1	1
Rimpaus Bastard	aufrecht	IV	27	8	43	112	0	0
Salzmünder Standard . . .	liegend	III+	24	10	19	72	0	6
Strubes Dickkopf	mittel-aufrecht	IV	23	13	55	111	1	2
Stocken	mittel	IV	29	6	29	85	0	1
Svalöfs Kronen	liegend	III+	31	9	44	89	2	2
Bayernkönig	aufrecht	IV	25	7	49	67	2	3
Engelens Siegfried	aufrecht	IV	25	4	37	76	1	7
Hauters	aufrecht	O	23	0	32	89	0	0
Holzapfels Darwin	aufrecht	O+	32	0	27	90	1	0
Janetzkis frühe Kreuzung	liegend	IV	32	9	56	79	12	18
Siegerländer Land	aufrecht	IV	28	4	55	89	1	0
Tassilo	aufrecht	III	32	2	50	96	0	1
Trubilo	aufrecht	IV	46	6	64	114	0	0
Lüneburger Sand	aufrecht	IV	43	11	65	107	0	1
Nordost Samland	mittel-liegend	IV	29	15	63	81	3	3
Rieggers	aufrecht	IV?	30	13	60	105	2	5
Svalöf 0987	liegend	IV	26	8	41	98	1	0
Stauderers Markus	mittel	IV	45	7	62	84	0	0
Gaiberger Spelz	liegend	III—IV	32	3	56	90	4	1
Tiroler Spelz	mittel	IV	29	4	67	72	2	4
Heines Kolben ¹⁾	mittel	O+	38	13	42	96	0	0
Janetzkis ¹⁾	mittel	O+	16	3	33	51	0	0
Peragis ¹⁾	mittel	IV	26	2	59	101	0	0
v. Rünkens Sommerdickk. ¹⁾	aufrecht	O	30	0	48	86	0	0
Roter Schlanstedter ¹⁾ . .	mittel-aufrecht	III	41	1	62	92	0	0
Svalöfs Extra Kolben ¹⁾ . .	mittel	O+	22	3	51	63	2	0
Deutscher Hartweizen ¹⁾ . .	aufrecht	III?	21	0	37	73	0	0
Garnet ¹⁾	aufrecht	IV	31	4	52	81	0	0
Rouge prolifique barbu ¹⁾ .	aufrecht	O	44	0	61	101	0	0
Kolben × R. prol. barbu ¹⁾	aufrecht	O	22	0	54	101	0	0
Spaldings prolific.	liegend	O+	32	4	70	106	1	2

¹⁾ Diese Weizensorten sind Sommerformen, alle übrigen sind Winterformen.

²⁾ Infolge frühzeitigen Schneefalls konnte die Blatthaltung in diesem Herbst nicht absolut sicher bonitiert werden

Da von jeder Sorte nur eine verhältnismäßig kleine Pflanzenzahl geprüft ist — die Reihen waren durch Vogelfraß im Herbst beim Auf-
laufen teilweise stark gelichtet! — so lassen sich hinsichtlich des
Sortenverhaltens keine sicheren Schlüsse ziehen. Immerhin erkennen
wir Unterschiede, und vor allem sehen wir wieder, daß auch resistente
Sorten wie „Heines Kolben“ eine größere Anzahl befallener Pflanzen bei
der Herbstinfektion im Freiland aufweisen können, wodurch das Ergebnis
von 1935/36 mit Rasse 2 bestätigt wird. Andere resistente Sorten, wie
Hauters Zuchtweizen, „v. Rümkers Sommerdickkopf“ und „Rouge pro-
lifique barbu“ bleiben dagegen frei von Befall; die Resistenzverminderung
erfolgt also graduell verschieden.

Im Felde zeigten sich deutliche Pustelausbrüche erst am 25. Januar
1938, so daß die Fruktifikationszeit annähernd drei Monate beträgt. Die
mehr als einen Monat vorhandene Schneedecke übte auf die Infektion
keinen ungünstigen Einfluß aus, wenn wir von einer Verzögerung der
Fruktifikationszeit absehen.

Begünstigt durch die Ende Januar bis Anfang Februar herrschende milde Witterung,
macht der Pustelausbruch Fortschritte, und am 4. Februar läßt sich bei den meisten Sorten
frischer Pustelausbruch auf den ersten Herbstblättern beobachten. Die weitaus größte Zahl
befallener Pflanzen weisen an diesem Tage die Sorten „Crieuener 104“, „Salzmünder Stan-
dard“, „Svalöfs Kronen“, „Janetzkis frühe Kreuzung“, „Nordost Samland“ und „Svalöfs
0987“ auf. Bei diesen Sorten besitzen schätzungsweise mehr als die Hälfte aller Pflanzen
ein rostiges Herbstblatt. In Übereinstimmung mit den früheren Befunden handelt es sich in
erster Linie um Sorten mit liegender Blattstellung. Bei den übrigen Sorten liegt der Befall
etwa zwischen 5 und 10 %, wobei besonders „Rimpaus Bastard“ und „Langs Tassilo“ eine
etwas über dem Durchschnitt stehende Zahl rostiger Pflanzen aufweisen. Leider mußten
wir uns mit dieser Schätzung begnügen, da die geplante Auszählung der rostigen Pflanzen
durch die am 11. Februar einsetzenden Schneefälle vereitelt wurde. Nach dem Verschwin-
den der Schneedecke (23. Februar) waren immer noch eine ganze Anzahl von Blättern mit
frischen Pustelausbrüchen zu erkennen, besonders auf den Sorten mit dem ursprünglich
stärksten Befall.

Genau wie im Winter 1935/36 ist von diesem Zeitpunkt an keine Ausdehnung der
Infektion mehr wahrzunehmen, sondern es setzt ein Rückgang ein. Dieser ist dadurch
verursacht, daß ein Teil der alten Herbstblätter abzusterben beginnt (naßfaule Gewebe),
und zwar beobachten wir diesen Vorgang besonders auch bei den rostigen Blättern, die
teilweise am schnellsten absterben. Es hat aber den Anschein, daß in dieser Hinsicht
Sortenunterschiede bestehen. Die Absterbeerscheinungen sind wohl hauptsächlich durch die
vom 20.—27. Februar herrschenden Kahlfröste verursacht. Infolge der nun aufkommenden
trockenen, kühlen Märzwinde schreitet das Absterben der älteren Herbstblätter weiter fort,
und die Zahl der Blätter mit Gelbrostinfektion wird damit immer mehr vermindert. Bis-
weilen läßt sich beobachten, daß an dem kurzen, grünbleibenden basalen Blattstück noch
Pusteln vorhanden sind. Erst Mitte März mit der nun beginnenden Erwärmung werden
vereinzelt wieder frisch stäubende Uredohäufchen beobachtet, besonders an den unmittelbar
an der Erde liegenden Blättern. Mit der am 19. März einsetzenden kräftigen Erwärmung
wird dann der Pusteldurchbruch rasch gefördert, so daß am 21. März die Auszählung der
befallenen Pflanzen sicher vorgenommen werden kann. Dabei sind nach wie vor fast aus-
schließlich nur die ersten Herbstblätter der betreffenden Pflanzen befallen; zum größten
Teil handelt es sich dabei um die Rostherde, die bereits am 27. Januar vorhanden waren,
die also tatsächlich überwintert sind.

In der Auszählung vom 21. März tritt wieder ganz eindeutig die Überlegenheit von „Criewener 104“ bei der Überwinterung von *Puccinia glumarum* gegenüber anderen Weizensorten hervor; dazu kommt noch „Janetzki's frühe Kreuzung“, ebenfalls eine anfällige Sorte mit ausgesprochen liegender Blattstellung. Die Zahl der auf diesen beiden Sorten vorhandenen Rostherde beträgt ein Mehrfaches derjenigen bei den übrigen Weizensorten, auf denen meist nur wenige Infektionsherde zu finden sind. Praktisch gleich Null ist die Überwinterung auf den Sommerweizen, was offensichtlich damit zusammenhängt, daß die Herbstblätter zum größten Teil bei allen Sorten vergilbt oder abgestorben sind.

6. Versuch (Winter 1937/38).

Gelbrostrasse 23 auf Gerste.

Die Aussaat von 12 anfälligen Gerstensorten, mit denen die Überwinterung der für sie spezifischen Rasse 23 geprüft werden sollte, wurde am 14. Oktober 1937 vorgenommen (Parzellengröße $2 \times 1,5$ qm). Mit dem Auflaufen der Saat am 24. Oktober wurden sofort pusteltragende Pflanzen, die mit der Rasse 23 infiziert waren, in die Parzellen eingepikiert. Es folgten dann noch verschiedene Impfungen mit wässrigen Sporenaufschwemmungen der Rasse 23, so am 30. Oktober, 9. und 11. November 1937. Zu Pustelausbrüchen kam es vor den Schneefällen nicht mehr. Die gleichzeitig mit Versuch 5 vorgenommene Infektionskontrolle im Gewächshaus

Tabelle 6.

Herbstinfektion und Überwinterung von *Puccinia glumarum* (Rasse 23) auf verschiedenen Gerstensorten im Jahre 1937/38.

Aussaat: 14. Oktober 1937. 1. Impfen: 25. Oktober 1937. Parzellengröße: 1,5 qm.

Gerstensorte	In- fektions- typus bei 12° C	Befund vom 14. Januar 1938		Befund vom 21. März 1938			
		Eingetopfte Pflanzen		Im Felde verbliebene Pflanzen			
		Ge- samt- zahl	In- fiziert	Gesamtzahl der Parzelle		Pflanzen mit Gelbrostbefall der Parzelle	
				a	b	a	b
Eckendorfer Mammuth II	IV	43	1	88	140	0	0
Friedrichswerther Berg .	IV	43	10	92	135	1	1
Kalkreuther Universal . .	IV	53	0	91	130	0	0
Mahndorfer Viktoria . .	IV	50	2	92	134	0	0
Peragis mittelfrühe . .	IV	45	6	92	131	0	0
Eckersdorfer	IV	55	2	83	135	2	0
Agaer	IV	52	0	93	148	0	0
Carstens 2zeilige . . .	IV	49	1	84	127	0	0
Groninger	IV	49	1	88	126	0	0
Tschermaks 2zeilige . .	IV	53	2	91	132	0	0
Nordland P. S. G. . . .	IV	46	0	82	129	1	0
Wisconsin	IV	46	1	89	135	0	0

(14. Januar 1938) zeigte aber, daß schwache Herbstinfektion erzielt worden war.

Wie bei Weizen war auch bei den Gerstensorten fast ausschließlich das erste Keimblatt infiziert. Die ersten Pustelausbrüche im Freiland wurden erst am 25. Januar deutlich. In der Folgezeit machten sich bei sämtlichen Gerstensorten die für Gerste typischen Vergilbungen der alten Herbstblätter bemerkbar, die nach und nach abstarben. Damit verschwand zugleich der Gelbrost. Wie Tabelle 6 zeigt, ist es aber ganz vereinzelt vorher noch zu Sekundärinfektionen gekommen, denn bei der am 21. März vorgenommenen Auszählung war nicht wie beim Weizen das alte Herbstblatt infiziert, sondern die Pustelausbrüche zeigten sich an jüngeren Blättern. Lassen sich infolge der schwachen Herbstinfektion aus diesem Versuch bezüglich des Sortenverhaltens auch keine sicheren Schlußfolgerungen ableiten, so geht zweifelsfrei hervor, daß die Gerstengelbrostrasse 23 auf ihrem spezifischen Wirt im Uredostadium zu überwintern vermag.

V. Besprechung der Ergebnisse und Schlußfolgerungen.

In der folgenden Tabelle 7 werden die Ergebnisse der Herbstinfektion und der Überwinterung der verschiedenen Gelbrostrassen in den einzelnen Jahren nochmals für die verschiedenen Versuche zusammengefaßt, und zwar ohne Rücksicht auf die geprüften Sorten von Weizen und Gerste. Einzelne resistente Sorten können unberücksichtigt bleiben, da sie in allen Versuchen und etwa im gleichen Verhältnis Verwendung gefunden haben. So finden wir für:

1934/35 sehr starke Herbstinfektion — starke Überwinterung;

1935/36 starke Herbstinfektion — geringe Überwinterung (mit Rasenunterschieden);

1936/37 keine Herbstinfektion — keine Überwinterung;

1937/38 mäßig starke Herbstinfektion — schwache Überwinterung.

Den Ursachen dieser Verschiedenheiten nachgehend, kommen wir zu der Feststellung, daß besonders folgende Faktoren das **Zustandekommen der Herbstinfektion** des Weizens mit *Puccinia glumarum* in günstiger Weise beeinflussen: frühe Aussaat, milde und feuchte Herbstwitterung, liegende Blattstellung anfälliger Weizensorten.

Da frühe Aussaaten im allgemeinen noch in Zeiten milderer Herbstwitterung fallen, so dürften schon aus diesem Grunde günstigere Bedingungen für das Zustandekommen der Infektion und die Entwicklung des Mycel sowie die Fruktifikation vorliegen als bei verhältnismäßig später Aussaat. Dabei kommt es allerdings unter natürlichen Verhältnissen in erster Linie darauf an, ob genügend übersommerte Uredosporen von *Puccinia glumarum* vorhanden sind, denn die vorliegenden Feststellungen beziehen sich ja nur auf künstliche Infektion. Ein wesentlicher Grund für die stärkere Infektion früher Aussaaten, also solcher von Ende

Tabelle 7.

**Herbstinfektion und Überwinterung verschiedener Gelbrostrassen
auf Weizen und Gerste in vier aufeinanderfolgenden Jahren.**

(Zusammenfassung der in den Tabellen 1 bis 6 dargestellten Ergebnisse).

Wirt	Jahr	Gelbrost- rasse	Herbstinfektion		Überwinterung	
			Zahl der beimpften Pflanzen	Prozentsatz befallener Pflanzen %	Zahl der über- winterten Pflanzen	Prozentsatz überwinterter Pflanzen mit Gelbrostbefall %
Weizen	1934/35	Rasse 2	1834	44,9	1785	54,3
	1935/36	Rasse 2	7114	28,9	6986	3,7
		Rasse 7	6152	28,5	6080	12,3
		Rasse 9	7207	17,8	7159	1,1
	1936/37	Rasse 2	> 6000	0?	> 5000	0,1
		Rasse 7	> 6000	0	> 5000	0
		Rasse 9	> 6000	0	> 5000	0
	1937/38	Rasse 7	> 6000	(19,4) ¹⁾	4951	2,6
Gerste	1937/38	Rasse 23	> 3000	(4,8) ²⁾	2667	0,2

September/Anfang Oktober liegt wahrscheinlich auch in dem Umstand, daß ein Teil der Weizensorten dann noch im Spätherbst die für das Zustandekommen der Infektion günstige liegende oder herabhängende Stellung des ersten Blattes aufweist. Solange das zweite Blatt noch nicht entfaltet ist, nimmt das erste Keimblatt bekanntlich bei allen Weizensorten eine aufrechte Stellung ein (vergl. auch Voß, 14). Regenwasser und Tau haften aber an solchen aufrecht stehenden jungen Blättern wesentlich schwerer und in der Regel nicht so lange Zeit als bei den an der Erde liegenden Blättern, sodaß die Keimungs- und Infektionsbedingungen der Uredosporen bei letzteren günstiger sind als bei ersteren. Gerade auch bei natürlicher Infektion muß diese Tatsache von besonderer Bedeutung sein. Das schließt aber nicht aus, daß zwischen Sorten dieser beiden Gruppen weitere Unterschiede bestehen können, z. B. durch verschiedene Ausbildung der Behaarung oder der Wachsschicht, und daß, wenn in dieser Hinsicht günstige Vorbedingungen vorhanden sind, manchmal auch Sorten mit aufrechter Blattstellung gut infiziert werden können.

Bei Weizensorten mit absoluter Resistenz und Immunität erhalten wir in keinem Fall auf den jungen Keimpflanzen im Herbst und Winter eine Infektion. Es zeigt sich aber, daß Weizensorten, die bei 12° in der Gewächshausprüfung resistent sind, im Freiland während des Herbstes und Winters stark befallen sein können, weil hier noch tiefere Tempera-

¹⁾ Bezogen auf 980 ausgezählte Pflanzen.

²⁾ Bezogen auf 584 ausgezählte Pflanzen.

turen herrschen, bei denen solche Sorten auch im Gewächshaus infiziert werden (Gaßner und Straib, 4).

Von den Faktoren, welche die **Überwinterung von *Uredo glumarum*** neben den allgemeinen Witterungsbedingungen beeinflussen, spielen das spezifische Sortenverhalten, und dabei auch die Blattstellung der Sorte sowie ihre Fähigkeit zur Überwinterung der ersten Herbstblätter eine ausschlaggebende Rolle; daneben wohl auch noch die Bodenverhältnisse.

Bei gleich starker Herbstinfektion kann die Überwinterung des Gelbrostes in den einzelnen Jahren sehr unterschiedlich verlaufen. Der Einfluß der Witterung läßt sich dabei schwerer umgrenzen als beim Zustandekommen der Herbstinfektion. Milde Witterung des Vorwinters kann infolge raschen Wachstums der Pflanzen ebenso zum Absterben unterer Blätter beitragen wie Schnee und Frost. Andererseits sind bei milder Witterung Sekundärinfektionen leichter möglich, während bei Frostperioden das Myzel langsam oder überhaupt nicht zur Fruktifikation kommt. Von großer Bedeutung ist der Witterungscharakter in der Zeit von Mitte Februar bis Anfang April. Haben wir hier milde Witterung und Sonnenschein, so breitet sich der Gelbrost verhältnismäßig rasch aus, einmal durch ständige Neufruktifikation, dann durch Pustelausbrüche älteren Myzels aus winterlichen Neuinfektionen. Hierbei schneiden anfällige Sorten mit liegender Blattstellung besser ab als Sorten mit steiler Blatthaltung. Herrschen jedoch im Vorfrühling Frost, Schneefälle und naßkaltes, trübes Wetter vor, so sterben nicht nur viele alte Herbstblätter und damit die Hauptträger der herbstlichen Gelbrostinfektion ab, sondern auch auf grünen Blättern vermag sich das Myzel nicht weiterzuentwickeln. (Vergl. auch Gaßner und Pieschel, 2).

Wenn demgegenüber im verhältnismäßig kalten Vorfrühjahr 1935 kein Rückgang der Gelbrostinfektion eintrat, so ist zu berücksichtigen, daß es bereits zu starker Herbstinfektion gekommen war, die offensichtlich zahlreiche Sekundärinfektionen auf jüngeren Blättern, die den Absterbeerscheinungen im Frühjahr weniger unterliegen als die alten Herbstblätter, nach sich gezogen hat.

Hinsichtlich des Überwinterungsgrades von *Puccinia glumarum* auf verschiedenen Sorten ergeben sich zwischen den Sorten mit gleicher Herbstinfektion Unterschiede. Im allgemeinen finden wir auf den Parzellen mit starker Herbstinfektion einen größeren Prozentsatz überwinterten Gelbrostes als bei anderen Sorten mit schwacher Herbstinfektion. Eine Ausnahme bilden Sorten bei relativer Resistenz, die im Spätherbst stark befallen werden können. Hier verschwindet der herbstliche Befall vielfach im Laufe des Winters. Die Befunde von Gaßner und Pieschel werden dadurch insoweit bestätigt, als das Myzel in solchen relativ resistenten Sorten gegenüber den winterlichen Temperaturbedingungen weniger

widerstandsfähig zu sein scheint als in Sorten mit normaler Anfälligkeit. Dagegen beobachten wir diese Erscheinung nicht bei Sorten, die im Keimpflanzenstadium Anfälligkeit, in vorgeschrittenen Entwicklungsstadien, besonders bei höherer Temperatur, aber Resistenz aufweisen. Solche Sorten, wie „Criewener 104“, „Salzmünder Standard“, „Svalöfs Kronen“, können im Gegenteil dem Gelbrost ausgezeichnete Infektions- und Überwinterungsmöglichkeiten bieten.

Einige Hinweise geben unsere Versuche auch zur Frage der Beziehungen zwischen Frosthärte der Sorten und Überwinterungsmöglichkeiten des Gelbrostes. Zunächst wäre festzustellen, daß in den Untersuchungsjahren auf dem Versuchsfelde Gliesmarode kaum eine der geprüften Weizensorten durch Frost ernstlich geschädigt wurde, auch nicht die Sommerweizen. Wenn der Prozentsatz der Gelbrostüberwinterung bei Sommerweizen trotz starker Herbstinfektion gering ist, so könnte dies nach Gaßner und Pieschel und in Übereinstimmung mit den eigenen Beobachtungen dadurch erklärt werden, daß bei den Sommerweizen eine verhältnismäßig große Anzahl der Herbstblätter durch Frost abgetötet wurde. Dabei müssen wir aber berücksichtigen, daß ein ähnlich starker Rückgang auch bei unseren frosthärtesten Weizensorten „Minhardi“ und „Buffum“ zu verzeichnen ist, und zwar sowohl 1934/35 mit Gelbrostrasse 2 als auch 1935/36 mit den Gelbrostrassen 2 und 7. Demgegenüber zeigen weniger winterharte Weizensorten, u. a. „Criewener 104“, „Baltikum“, „Salzmünder Standard“, „Spaldings prolific“, reichliche Uredoüberwinterung. Ein Widerspruch zu der von Gaßner und Pieschel gegebenen Erklärung braucht aber deshalb nicht vorzuliegen, weil diese Autoren eine Beziehung zwischen Frosthärte der Weizensorte und Gelbrostüberwinterung fanden, während es sich bei unseren Befunden vielmehr um Absterbeerscheinungen handelt, die ihre Begründung ebenso gut in der natürlichen Entwicklung der Sorte und deren besonderen physiologischen Eigenschaften finden. Deshalb ist die Überwinterung von *Puccinia glumarum* im Uredostadium in unserem Klima weniger eine Frage der Frosthärte der Getreidesorte allein als bedingt durch deren Besonderheit hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit der älteren Herbstblätter. Dabei spielen neben klimatischen Faktoren vor allem auch die Bodenverhältnisse sowie die Ernährung der Pflanzen eine wichtige Rolle. Auf Böden, die im Frühjahr langsam abtrocknen und die verhältnismäßig „kalt“ sind, dürfte frühzeitiger ein größerer Prozentsatz an Herbstblättern absterben als auf den wärmeren und tätigen Böden, ebenso wie im ersten Fall infolge der langsamen Erwärmung des Bodens das Mycelwachstum verzögert werden muß. Ferner haben schon Gaßner und Pieschel darauf hingewiesen, daß bei stark mit Stickstoff gedüngten Herbstpflanzen infolge der raschen Entwicklung neuer Blätter ein größerer Prozentsatz der alten

Herbstblätter abstirbt als bei schwächerer Stickstoffversorgung des Bodens. Diese Autoren stellen dann weiter noch einen Unterschied der Absterbeerscheinungen der Blätter bei infizierten und nicht infizierten Pflanzen fest, und zwar speziell bei *Puccinia glumarum*, nicht bei den Braunrosten. In den vorliegenden Versuchen sind solche Unterschiede vereinzelt auch zutage getreten; andererseits sehen wir, daß infizierte wie nicht infizierte und rostfreie Parzellen in gleicher Weise gelbe Verfärbungen und Absterbeerscheinungen der unteren Blätter zeigen können, ebenso wie auch durch den Gelbrostbefall kein Einfluß auf das Überwinterungsprozent der Pflanzen bei den einzelnen Weizensorten ausgeübt wurde.

Myzel in Blättern, die Mitte und Ende Oktober infiziert wurden, dürfte auf Grund unserer Beobachtungen im allgemeinen bei normalem Verlauf des Herbstes in Mittelddeutschland und wohl auch in Süd- und Westdeutschland sowie in den benachbarten Ländern bis Anfang Dezember zur Fruktifikation gelangen. Die Pustelausbrüche können auf infizierten Herbstblättern auf Grund des geringen Wachstums der Pflanzen zu dieser Zeit verhältnismäßig lange andauern. Werden Blatteile mit der Zeit nekrotisch, so kommt es vielfach infolge des zonalen Wachstums des Uredomyzels von *Puccinia glumarum* an benachbarten Stellen desselben Blattes, soweit diese noch grün sind, zu Pustelneudurchbrüchen. Solche im Dezember erstmals zu beobachtende Pustelausbrüche können bis Anfang April des kommenden Jahres auf demselben Blatt bei bestimmten Weizensorten festgestellt werden, falls die Witterungsverhältnisse kein vollständiges Absterben des Blattes bewirken. Kommt es aber nach der Herbstinfektion im Vorwinter nicht mehr zu Pustelausbrüchen, so ist damit noch nicht gesagt, daß das Myzel abstirbt. So wurde im Winter 1937/38 unter dem Einfluß tiefer Temperaturen und einer schützenden Schneedecke die Fruktifikationszeit auf fast drei Monate ausgedehnt, und es besteht kein Zweifel, daß das Myzel noch länger lebensfähig geblieben wäre, falls weitere Schneefälle die Fruktifikation verzögert hätten.

Ebensogut ist es möglich, daß Neuinfektionen, die erst im Januar eintreten, im März zur Fruktifikation führen, wenn auch die Bedingungen für die Lebensfähigkeit des Myzels infolge der starken Wasserabgabe der Blätter durch trockene Frühjahrswinde ungünstiger sein müssen als während des Winters, besonders unter einer schützenden Schneedecke.

Unter günstigen Witterungsbedingungen verläuft also die Generationsfolge für *Uredo glumarum* bei zeitiger Herbstinfektion der jungen Saat etwa folgendermaßen:

- Infektion Mitte bis Ende Oktober
- 1. Uredogeneration bis Mitte November
 - ↓ Neuinfektion
- 2. Uredogeneration im Januar und bis Mitte Februar
 - ↓ Neuinfektion

3. Uredogeneration im März und April



Rasche Generationsfolge (2—3 Wochen).

Dazu kommt die ständige Infektionsmöglichkeit von rostigen Herbstblättern, soweit sie den Winter überdauern.

Von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist im mitteleuropäischen Klima auch die Überwinterung von *Puccinia glumarum* auf wilden Gräsern. Meine Beobachtungen zeigen, daß Queckenpflanzen, deren Blätter gegenüber den Weizengelbrostrassen während des Sommers zum überwiegenden Teil resistent sind (Straib, 11), im Winter gleichmäßig und stark von diesen befallen sein können. Es sei deshalb in diesem Zusammenhang auch auf die Beobachtungen von Viennot-Bourgin (13) hingewiesen, wonach *Puccinia glumarum* auf *Agropyrum repens* im Verlaufe mehrerer Jahre während des ganzen Winters in der Umgebung von Grignon (Departement Seine-et-Oise, Frankreich) festgestellt werden konnte. Zu derselben Zeit wurden von Viennot-Bourgin regelmäßig aber auch auf Weizen und Gerste Gelbrostausbrüche aus natürlicher Infektion beobachtet. Die Bedingungen für die Herbstinfektion und Überwinterung des Gelbrostes scheinen also in jenen Gegenden Frankreichs noch günstiger zu sein als im mittleren Norddeutschland, auf das sich unsere vorliegenden Beobachtungen und Versuche erstrecken.

Die Frage, ob eine verschiedene Fähigkeit der einzelnen Gelbrostrassen, auf kongenialen Wirtssorten zu überwintern, besteht, vermögen die vorliegenden Versuche noch nicht eindeutig zu beantworten. Soweit Unterschiede vorhanden sind, können sie auf Verschiedenheiten in der Zeit der Impfung, vielleicht auch auf unterschiedlichen Bodenverhältnissen beruhen. Wir müssen uns zudem die Frage vorlegen, ob es überhaupt vollständig gleichwertige Wirtssorten gibt, weil sich die Aggressivität der Gelbrostrassen mit jeder Temperaturänderung auf den einzelnen Weizensorten in verschiedenem Ausmaß verschieben kann (Gaßner und Straib, 5). Festgestellt ist jedenfalls, daß Gelbrostrasse 2 und 7 auf zahlreichen anfälligen Weizensorten etwa in gleichem Ausmaß zu überwintern vermögen, und auch für die Weizengelbrostrasse 9 sowie die Gerstengelbrostrasse 23 ist die Uredoüberwinterung sicher nachgewiesen. Dabei sei betont, daß die Befunde durch eine ständige Rassenkontrolle der infizierten Feldpflanzen gesichert sind.

Was schließlich noch die mehr theoretische Frage betrifft, welcher Überwinterungsweise beim Gelbrost in unseren Gegenden die größte Bedeutung zukommt, der „reinen Uredomyzelüberwinterung“ oder der winterlichen Neubildung von Uredolagern mit anschließender Neuinfektion (vgl. Hecke, 6—7; Gaßner und Pieschel, 2), so ergibt sich aus unseren Versuchen, daß sich beide Möglichkeiten nicht scharf voneinander trennen lassen, vielmehr gleichwertig nebeneinander stehen können. Es kommt

dabei ganz auf die Witterungsverhältnisse während des Herbstes und Winters an, besonders auf die Temperatur, von der die Wachstumsgewindigkeit und die Fruktifikationsmöglichkeit des Myzels abhängen. In Jahren, in denen im Herbst und Winter längere Zeit hindurch milde und feuchte Witterung herrscht, und in denen die Belichtungsverhältnisse nicht allzu ungünstig sind, wird es auf alle Fälle zur Fruktifikation kommen. Haben wir dagegen durchschnittlich tiefe Temperaturen, womöglich mit anhaltender Schneedecke, so müssen wir, wie die Versuche im Winter 1937/38 gezeigt haben, mit sehr ausgedehnten Inkubationszeiten rechnen, die sich bis Ausgang des Winters ausdehnen können. Zu welcher Zeit auch immer der Pustelausbruch stattfinden mag, die jeweilige Neuinfektion hängt nicht zuletzt wieder von den Witterungsverhältnissen ab. Infektionstüchtig sind die im Winter gebildeten Uredosporen auf jeden Fall, nach meinen eigenen Keimprüfungen sogar besonders gut. In Übereinstimmung mit Gaßner und Pieschel zeigte sich trotzdem, daß die Reichweite kleinerer Infektionsherde während des Winters¹⁾ nicht sehr groß sein kann und sich in der Hauptsache auf die Pflanzen der unmittelbaren Umgebung beschränkt. Dabei bleibt aber die Verschleppungsmöglichkeit der Uredosporen durch Tiere über weitere Entfernungen, die sich unserer Kontrolle entzieht, unberücksichtigt.

In diesem Zusammenhang wäre noch hervorzuheben, daß Uredosporen von *Puccinia glumarum*, die während des Winters gebildet werden, an geschützten Stellen im Freien auch bei tiefster Temperatur verhältnismäßig lange ihre Lebensfähigkeit bewahren können. So wurden von mir im strengen Winter 1928/29 im Botanischen Garten zu Braunschweig frische uredotragende Blätter von Weizen (*Puccinia glumarum* Rasse 4), in Papierbeuteln vor Nässe geschützt, ins Freie gebracht. Während der Versuchszeit herrschte meist Frost; nachts sanken die Temperaturen vielfach sehr tief und erreichten vereinzelt -30°C . Durch ständige Infektionsversuche konnte festgestellt werden, daß solches Sporenmaterial von langsam trocknenden Blättern noch nach fünf Wochen Infektionen hervorruft. Ebenso zeigen Versuche zur Keimungsphysiologie von *Uredo glumarum*, die ich im vergangenen Winter durchgeführt habe, daß die Lebensfähigkeit der Uredosporen bei winterlichen Temperaturen wesentlich länger anhält als im Sommer. Trotzdem vermögen wir aber der unmittelbaren Überwinterung von *Puccinia glumarum* durch Uredosporen kaum Bedeutung beizumessen, weil normalerweise neugebildete Sporen früher oder später mit Wasser in Berührung kommen und auskeimen. Die langanhaltende Keimfähigkeit der Uredosporen von *Puccinia glumarum* während des Winters hat aber insofern Bedeutung in der Epidemiologie des Gelbrostes, als bereits mit verhältnismäßig geringen Sporenmengen die Erhaltung und Verbreitung in der kälteren Jahreszeit gewährleistet ist.

¹⁾ Für den Sommer trifft dies nach meinen eigenen Beobachtungen nicht immer zu.

VI. Zusammenfassung.

1. In den vier aufeinander folgenden Jahren 1934/35 bis 1937/38 wurden Versuche zur Frage der Herbstinfektion und Überwinterung von drei Weizengelbrostrassen, im letzten Winter auch von einer Gerstengelbrostrasse auf verschiedenen Wirtssorten auf dem Versuchsfeld Braunschweig-Gliesmarode durchgeführt. Die Infektion wurde künstlich eingeleitet.
2. Das Zustandekommen der Herbstinfektion wurde vor allem begünstigt durch milde, feuchtwarme Witterung. Frühe Aussaaten wurden deshalb im allgemeinen leichter infiziert als spätere.
3. Die Blattstellung der Weizensorten übte einen deutlichen Einfluß auf das Zustandekommen der Infektion aus. Weizensorten mit liegender Blattstellung wurden leichter infiziert als solche mit steiler Blatthaltung der jungen Saat. Da liegende Blattstellung im Herbst erst nach Entwicklung des zweiten Blattes erreicht wird, so ist die frühe Aussaat auch aus diesem Grunde dem Zustandekommen der Herbstinfektion förderlich.
4. Sorten mit absoluter Resistenz und Immunität wurden im Herbst nicht infiziert. Dagegen ergaben manche Sorten mit relativer Resistenz unter dem Einfluß tiefer Herbsttemperatur fast normale Anfälligkeit. Sorten, die nur in jüngeren Entwicklungsstadien anfällig, in vorgeschrittenen während des Sommers dagegen resistent sind, können sogar große Bedeutung für die Überwinterung von *Puccinia glumarum* besitzen.
5. Der Grad der Uredoüberwinterung des Gelbrostes war in den einzelnen Jahren sehr verschieden. Ausschlaggebend für die Überwinterung von *Uredo glumarum* sind die Witterungsverhältnisse am Ausgang des Winters, in den Monaten Februar und März. Ein naßkaltes Frühjahr hemmt das Mycelwachstum und die Fruktifikation und bringt die alten Herbstblätter, die Hauptträger des Gelbrostes, zum Vergilben und Absterben. Dabei scheinen die Bodenverhältnisse und die Lage des Ackerstückes für die Überwinterung von *Puccinia glumarum* von Bedeutung zu sein.
6. Bei etwa gleichstarker Herbstinfektion verschiedener Sorten zeigten sich Unterschiede im Grade der Überwinterung des Gelbrostes. Auf Sorten mit relativer Resistenz war ein stärkerer Rückgang des Befalls zu verzeichnen als auf solchen mit normaler Anfälligkeit. Bei anfälligen Sorten war das Überwinterungsprozent im allgemeinen um so höher, je stärkere Herbstinfektion sich ergeben hatte. Die Ausbreitung des Rostes vollzog sich im Frühjahr auf den Sorten mit liegender Blattstellung rascher als auf solchen mit aufrechter Blattstellung.

7. Während der Versuchsjahre ergab sich keine unmittelbare Korrelation zwischen Frosthärte der Sorten und ihrer Fähigkeit zur Überwinterung von Gelbrost. Es konnte sogar beobachtet werden, daß sehr frostharte und gelbrostanfällige Weizensorten weniger zur Überwinterung von *Uredo glumarum* beitragen können als Sorten mit geringerer Frosthärte. Vielmehr hängt der Überwinterungsgrad des Gelbrostes im Klima des mittleren Norddeutschlands in erster Linie davon ab, in welchem Maße eine Weizensorte befähigt ist, die alten Herbstblätter, welche Hauptrostträger darstellen, bis zum Frühjahr des folgenden Jahres funktionsfähig zu erhalten.
8. Die Überwinterung von *Uredo glumarum* wird in erster Linie durch langsames Myzelwachstum, ausgedehnte Inkubationszeit und lang anhaltende Fruktifikationsdauer ermöglicht. Auch winterliche Neuinfektion ist nachgewiesen und dadurch begünstigt, daß die Infektionstüchtigkeit winterlicher Uredosporen besonders gut ist und wesentlich länger erhalten bleibt als bei den im Sommer erzeugten Sporen.
9. Die Überwinterungsmöglichkeit wird für drei Weizengelbrostrassen (Rasse 2, 7, 9) und eine Gerstengelbrostrasse (Rasse 23) nachgewiesen.
10. Bei der Überwinterung von *Uredo glumarum* spielen wilde Gräser, besonders Quecke, eine gewisse Rolle. Es konnte beobachtet werden, daß Queckenklone, die zwar gegenüber den Weizengelbrostrassen relative Resistenz besitzen und während des Sommers nicht befallen werden, im Herbst an Keimpflanzen starken Gelbrostbefall aufweisen können, so daß hier ähnliche jahreszeitliche Resistenzverschiebungen vorliegen wie bei manchen Sorten von Kulturweizen.

VII. Schriftenverzeichnis.

- 1 Becker, J. Untersuchungen über die Lebensfähigkeit von Uredosporen von *Puccinia glumarum*. — Kühn-Archiv, **19**, 1928, 353—411.
 - 2 Gaßner, G. und Pieschel, E. Untersuchungen zur Frage der Uredoüberwinterung der Getreideroste in Deutschland. — Phytopathologische Ztschr., **7**, 1934, 355—392.
 - 3 Gaßner, G. und Straib, W. Die künstliche Rostinfektion von Freilandpflanzen und ihre Bedeutung für den Pflanzenzüchter. — Der Züchter, **3**, 1931, 240—243.
 - 4 Gaßner, G. und Straib, W. Experimentelle Untersuchungen über das Verhalten der Weizensorten gegen *Puccinia glumarum*. — Phytopathologische Zeitschrift, **1**, 1929, 215—275.
 - 5 Gaßner, G. und Straib, W. Experimentelle Untersuchungen zur Epidemiologie des Gelbrostes (*Puccinia glumarum* [Schm.] Erikss. et Henn.). — Phytopathologische Zeitschrift, **7**, 1934, 285—302.
 - 6 Hecke, L. Beobachtungen der Überwinterungsart von Pflanzenparasiten. — Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Land- und Forstwirtschaft, **9**, 1911, 44—53.
 - 7 Hecke, L. Zur Frage der Überwinterung des Gelbrostes und des Zustandekommens von Rostjahren. — Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Land- und Forstwirtschaft, **13**, 1915, 213.
 - 8 Hungerford, Ch. W. Studies on the life history of stripe rust, *Puccinia glumarum* (Schm.) Erikss. et Henn. — Journ. Agric. Res., **24**, 1923, 607—620.
 - 9 Lang, W. Beobachtungen über das Auftreten des Gelbrostes. Festschrift zur Feier des 100 jährigen Bestehens der Kgl. Württ. Landw. Hochschule Hohenheim. Seite 84—101.
 - 10 Mehta, K. C. Observations and experiments on cereal rusts in the neighbourhood of Cambridge, with special reference to their annual recurrence. — The British Mycological Society, Transactions, **8**, 1923, 142—176.
 - 11 Straib, W. Untersuchungen über das Vorkommen physiologischer Rassen des Gelbrostes (*Puccinia glumarum*) in den Jahren 1935/36 und über die Aggressivität einiger neuer Formen auf Getreide und Gräsern. — Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt, **22**, 1937, 91—119.
 - 12 Straib, W. Die Untersuchungsergebnisse zur Frage der biologischen Spezialisierung des Gelbrostes (*Puccinia glumarum*) und ihre Bedeutung für die Pflanzenzüchtung. — Der Züchter, **9**, 1937, 118—129.
 - 13 Viennot-Bourgin, G. Contribution à l'étude des Urédinales en Seine-et-Oise. Bull. de la Soc. Sci. de Seine-et-Oise, 3. série, t. III, 21—36, 1934.
 - 14 Voss, J. Morphologie und Gruppierung der deutschen Weizensorten. — Mitteilungen aus der Biologischen Reichsanstalt, Heft 45, 1933.
-

Virus diseases of the genus *Prunus* in Bulgaria.

By

Alexander Christoff.

With 11 tables.

Introduction.

In my first work (25) about the mosaic on apple I stated my observations of virus diseases on the following drupaceous fruit trees: greengage, plum, peach, cherry, apricot, sour cherry, mahaleb and sloe. In order to begin the reduction of these diseases on the above fruits, I sent reports on June 5, 1934 and later on June 19, of the same year to the Ministry of National Economy in Sofia, presenting with the last report the text of a short circular, entitled "Virus diseases of fruit trees in the nurseries and measures for their reduction" (26). Though asked for that circular by the above Ministry (letter No. 11561, from June 15, 1934), for unknown reasons it was not printed. For the same purpose, towards the end of the autumn of 1934 I prepared for print in Bulgaria my observations and experiments which I had accomplished by that time on these diseases, under the title "Preliminary investigations on virus diseases of the genus *Prunus* in Bulgaria" (27). That same year the Ministry publication in which I intended to print that work ceased to be issued. My transfer from Obrastzov Tchiflik to Sofia caused the delay of preparing the work for publication abroad until the spring of 1935, when Professor Atanasoff's work was published. He had also worked independently on the same subject. This being the situation, though I was giving not only descriptions of the virus symptoms on all the above mentioned fruits and also described and disclosed the existence of several forms in every case, which gave me reason to suspect the existence of several viruses, I delayed the publication, intending to verify it with more experiments. Because I had to renew the experiments discontinued on account of my leaving Obrastzov Tchiflik the work was done in two years, instead of in one. In the present work I give briefly my observations and experiments, which affirm my conclusions in my unpublished work of three years ago. With the present work I do not solve the whole problem, which would require much time, money and equipment, none of which I have had at my disposal.

General remarks.

My numerous observations in many fruit nurseries and orchards in the country led me to suppose, five years ago, the existence of several viruses of our fruit trees. This supposition was based not only on the fact, that on the different kinds several symptoms were observed, which were to be found also on the other kinds, but also on the observation of various symptoms on the same varieties, not only mixed, but also separate. The

observed symptoms can be classified as follows: On the leaves: broad or narrow striped, streak-or ring-spot type variegation, mosaic mottling, general or peripheral chlorosis, pallidness of the veins, colouring of the veins, deformation of the leaf, scorching of the spots and tearing and puncturing of the leaves. On the summer sprouts: corrugation and spotting. On the fruits: typical pox is apparent, withering, bumpiness, watery or gummy spots, early falling off, even fruitlessness.

The above symptoms do not represent the symptoms of each disease. A series of observations proved that some of them are common, appearing more or less pronounced in one or another disease. According to the more durable marks on the leaves which usually are apparent for a longer period of time and may themselves serve for the determining of the diseases, the latter may be grouped in *large striped (broad streaks) and ring like variegation, narrow striped to ring-like variegation* and *mosaic*. The last, as will be seen later on, is not a single disease, but includes several forms, such as: *typical mosaic, fine or starlike mosaic* and *peripheral chlorosis*. The existence of these 5 types of diseases was affirmed by artificial infections, which will be described further on. Whether these diseases are caused by the same or a smaller number of viruses could be proved by investigating their other attributes. Some observations give me reason to suppose that the viruses are fewer, but that weaker forms of them exist.

Referring to the literature on virus diseases of the members of genus *Prunus*, one comes across very different statements, some of which may be concerned with one or another of the diseases here described, whereas others may be taken only as suppositions, because of the incomplete description, the lack of illustration and because the symptoms were shown on varieties which I have not had the chance to observe. That is especially true in cases where the symptoms given as such for one disease, may be explained only by the action of several viruses. That will be seen in the following description of the separate diseases.

I. Broad streak and ring-spot variegation "Plum Pox".

This disease includes the symptoms on the plum, which Atanasoff described in his first publication (10) as "Plum pox". Though later on he adapted the name „Mosaic“ for it (11, 12, 13) I find it very appropriate, when the symptoms on the fruits are considered.

Of the numerous accounts on virus diseases of the *Prunus* genus kinds, evidently Sorauer's remark (56) refers to this disease. He observed the same kinds of injuries on the plums on the Berlin market in the year 1911. Here belongs also Carne's account (22) in 1926 about pox-like injuries of the fruits of the Japanese plum in Australia. The lack of symptoms on the leaves of that kind has helped

to determine the disease as physiological. Later on, in 1929 and 1930 in the reports of the California Agricultural Experiment Station (2, 3) short notes about the so called "Buckskin" of the cherry fruit are found. Prof. Atanasoff reports that he has obtained them by transmission the virus of the disease on plums. The same disease is also described by Philip (46) from the same station in 1930.

The injuries, described by Carne, in Australia, were announced later in 1932 and 1935 by Dippenaar (32, 33) from South Africa. He had observed the injuries on the varieties Kelsey, Burbank, Gaviola and Santa Rosa. From the description and illustration of these injuries, called by him "Kelsey spot", it is clear, that he described the disease discussed here. While in his first work he remarks: "Evidently the trouble is caused by a number of factors, of which a deficiency of nitrogenous food, lack of soil moisture at certain stages in the development of the fruit, and high temperatures at the time when the fruit begins to ripen, are the more important", in his second work (33) he concludes, that "...sudden and excessively high temperatures are the primary, if not the sole cause of sun scorch and "Kelseyspot" on plums" and also, that "None of the fertilizer treatments reduced spots as compared with the untreated trees". Considering his experiments, it is clear, that he sooner explains the mechanism of the injury rather than its cause.

In 1932 Prof. Atanasoff (10) gave a more detailed description of the disease on plum varieties Kustendil plum, Dolan plum und Reine Claude and showed its virus nature. Later (11), describing the plum pox he remarks: "The rest of the drupaceous fruit trees: cherry, apricot and peach in Bulgaria and some other countries are also subject to a virus disease, which resembles entirely that of plum. What was said about plum pox holds good almost entirely for that disease". That short remark he illustrates with photographs of pox on the above kinds. One year later (12, 13) he described some virus symptoms on apricot, cherry, peach and plum, remarking: "The symptoms of the mosaic disease of stone fruits vary considerably according to the variety and species of the host plant. On plums, for instance, there are at least four or five distinct types of leaf mottling, depending entirely on the variety". That is easily understood considering his explanation that he has observed the disease on thousands of plums of the Kustendil variety and only on single trees of the other kinds and varieties. The symptoms of the other diseases, some of which are described here he has gathered and described as one disease, the name of which he changes from "Pox" to "Mosaic".

Description.

Plum. (*Prunus domestica* and *Pr. domestica* var. *insititia*). The symptoms on the plum leaves may be defined as medium to large,

indistinctly outlined, round, to almost round spots or regular and irregular ringspot-type variegation and stripes 2—3 mm broad, in some cases approaching 10—15 mm width. These variegations have a light green, yellowish-green to greenish-yellow color, running into the normal green tissues. These spots are single or numerous, in groups, or scattered on the whole leaf, which usually retains its normal shape, very seldom a slight deformation of the leaf is apparent, due to the incomplete growth of the leaves, caused by the appearance of spots while the leaves were growing. The affected trees do not show a noticeable change during the first years, but later on, a very weak development of the summer sprouts is apparent, and they are in most cases about 2 cm long. The fruits ripen 10—15 days earlier compared with the fruits of healthy trees in the neighbourhood of the diseased ones. The fruits of the latter have a more or less poxy appearance on the surface, with a gummy, tough, harder, savourless, in some cases even dry, spongy flesh. In some kinds the injuries penetrate as gummy and spotted tissues from the surface to the stone of the fruit on which they form round or ring-like, darker marks. There is a certain variation of the symptoms depending on the variety of the tree and the period of time elapsed from the infection, which however does not vary much from the given description. Prof. Atanasoff (10—13) describes these symptoms on the varieties: Kustendil plum, Dollaner Zwetsche and partly on Reine Claude and Afuska. The same disease was found by the author on the following varieties: English White Big (in the State nursery Elena 1933), Belovka (in the village Dermantzi, North Bulgaria, 1936), Bühler frühe Zwetsche (State nurs. Pavlovo, 1936), Dolaner Zwetsche (Sofia, 1932), Green Queen Claudia (Sofia, 1935), Italian plum (Bankja, Sofia, 1933), Queen Victoria (Pavlovo, 1933), Kustendil plum (Vidin, Kustendil, Vratza, Ludjene, 1930), Montfort (Pavlovo, 1933) and Schöne von Löwen (State nursery, Elena, 1933).

Peach. (Prunus persica). The symptoms on the peach leaves resemble somewhat those on the plum with this difference, that here a mixture of more pronounced polygonal spots is apparent. Whether they are due also to the mixture of the viruses is hard to say, since I did not have a chance to make a transmission and analyse the observed cases. The presence of sun scorch and its ring-like form on the leaves of the affected trees, in many cases, gives a reason for that supposition. By transmitting the disease from plum to peach, Prof. Atanasoff procured a mixed mottling of mosaic and ring-like spots on the leaves and bumpiness on the fruits. The symptoms on the peach variety "Snow White" which are described and illustrated by Atanasoff (11—13) may be included here. The problem of the symptoms of the disease on peach can only be solved by graft transmission from plums infected only with pox to absolutely healthy peach trees.

Cherry. (Prunus avium). The mottling of the cherry leaves shows the same varieties in form, size and color as were mentioned in the plum. The author has observed these symptoms on the variety "Early of Lom" in Obrastzov Tchiflik and also in the State nursery near the village Tchervena Voda in 1933 and 1934. Besides medium sized to big rounded spots, in most cases irregular ring-like and bow-like, light greenish stripes were found scattered on the whole area of the leaf in a small number. These spots are not very definite and gradually disappear into the normal tissue of the leaves. The spotted leaves retain their normal natural size, but are sometimes slightly corrugated because of the shortening of the main vein or other veins. The growing leaves may get a slight deformity, but as a whole, the infected trees have normally developed leaves. In most trees symptoms are apparent only in spring, while later in summer they disappear or become fainter.

On the 3 years old trees and also on the fruitbearing trees from which the grafts for transmission to the former were taken, a slight to a medium pronounced chlorosis was observed in Obrastzov Tchiflik during the summer. Among the secondary nerves of the leaves appeared yellowish green variegation of the tissue in the shape of irregular spots, which unite and form irregular polygonal bands. Afterwards these spots become sprinkled with a great number of fine, red-brown sun scorched spots, in some of which the tissues tear off and fall off and the leaves become perforated. The fruits of the fruitbearing trees, however, looked normal.

In the State nursery near Nicopol (1933) on the leaves of the varieties "Napoleon" and "Early Vilska" large chlorotic, unplainly rounded and not distinctly marked, lighter green to yellowish green spots were observed, usually in a limited number. The trees were young, imported from Italy.

The ring-like variegation was described by Atanasoff, who remarks, that the fruits of the infected trees had irregular ("Buckskin") shape in some years, and were normal in others.

Apricot. (Prunus armeniaca). According to the variety, fine to large (up to 2 cm) indefinitely marked, rounded and indistinctly polygonal spots and rings are observed, usually running into the surrounding normal tissue. These spots are single or several in a group or scattered over the area of the leaves, sometimes slightly or severely scorched, in which case, the tissues of the central parts of the spots fall off and the leaves become perforated. For the first time this disease was observed by the author in the State nursery near Elena in 1933. Later it was found on the varieties: "Yellow late big" (Tchervena Voda, 1933), "Ungarische beste Aprikose" (Provadia, 1936) and on an indefinite apricot variety (Pavlovo, 1935). Most of the symptoms of the disease on the leaves

become fainter and even entirely invisible during the summer or are disguised by sun scorches of these parts.

The above injuries are described by Atanasoff (12, 13), who reports, that only a slight irregularity of the fruits is apparent. However on the stones of the infected trees white round or ring-like spots are observed.

Almond (Prunus communis). So far there have not been observed the big ring-like spots on the almond. In fact, some not strictly marked spots were observed on many fruit-bearing trees and on trees in some of the nurseries, but since such appear to be the disguised mosaic spots on that species, they were considered as mosaic, which was also proved by the artificial infections. Atanasoff (12, 13) states in the introduction and conclusion of his most recent work that he has found almond pox, but does not give any description in his statement. The symptoms of the disease on this species will be proved by the results of artificial infections, already made.

Sour cherry (Prunus cerasus). The author has observed in Obrastzov Tchiflik in 1934 on a tree of indefinite variety single leaves with single big, broad arch-like and ring-like, lighter green to greenish-yellow stripes. Almost all other leaves of the tree showed a weak to medium degree of chlorosis. Nothing was observed on the fruits of the same tree.

Greengage (Prunus cerasifera and Pr. cer. var. pisardii). Big, ring-like mottling was found for the first time in a private orchard near Sofia in 1932. During the following years it was observed also in Obrastzov Tchiflik, Lom and Loukovit counties. As a whole, the symptoms are like those of the plum. The spots are broad ring-like, and folded, lighter green. They appear on the first developing leaves, usually on those that are at the base of the summer sprouts and branches. Later on they and the newly growing leaves show a slight chlorosis only. On the fruits of the affected trees, according to the variety, not very pronounced symptoms are observed, but some trees are found, whose fruits show entirely the pox symptoms, as they are on the variety Kustendil plum. It is evident, that the varieties with light and yellow skin are more resistant, while those with red to dark skin are more susceptible to the disease, as far as the fruits are concerned.

On the leaves of *Prunus cer. var. pisardii* the disease causes the same middle size, not distinctly marked circles and rings as on the greengage, with that difference, that the spots have a purple color.

Mahaleb (Prunus mahaleb). In the nurseries of Obrastzov Tchiflik and Tchervena Voda (in 1934) was found broad ring-like variegation in middle sized, big, ring-like to folding broad bands or not distinctly marked lighter green to yellowish green spots scattered over the wavy wrinkled areas of the leaves, in most cases in a small number. These spots are

seen in reflected light on the face side of the leaf, but are best seen when looked at in passing light, in the shade. In the still growing leaves is observed a disorientation of the veins, accompanied with their fading and decreasing in size, wavy folding and hardness of the leaves. With this form a withering of the summer sprouts takes place. It should be noticed, that while during the spring the weather was dry and warm, the symptoms were very pronounced and the infected trees differed more or less from the healthy ones. After a rainfall the ring-like spots on most of the leaves disappeared. The leaves which developed afterwards seemed absolutely free from the disease. During the summer the affected young trees equalled the healthy ones in development.

The above transition of the symptoms on the mahaleb is the reason why the disease was not discovered in the other nurseries which are examined usually during the summer.

Sloe (Prunus spinosa). In 1933 in Obrastzov Tchiflik a bush was found with faintly marked, round and broad striped rings on the leaves with light green to greenish yellow color, not different from the symptoms on the greengage. A part of its fruits showed pox symptoms and almost all of them had cork scabs on the surface. In cutting the fruit under the depressed spots showed gummy tissues of the flesh running down to the stone, the same as observed on the variety Kustendil plum. In 1936 the same disease was found in the district of Pleven, North Bulgaria.

Artificial Infections.

From the description given so far it is evident that the big striped variegation of plums is found also in almost all other kinds of the genus *Prunus*. In the experiments for artificial infection of 1 and 2 years old trees by budding from infected plum, cherry and mahaleb striplings, the same symptoms were accomplished in all the cases, absolutely independently from the kinds of the host on which they were transmitted. The infections made by budding are seen in the following table:

Virus from		Transmitted to	Ration of number of the successfully infected trees to all the infected ones	Gives in result
Kind	Variety			
<i>Pr. domestica</i>	Kustendil	<i>Pr. cerasifera</i>	7/8	Big striped pox
<i>Pr. domestica</i>	Kustendil	<i>Pr. c. v. pisardii</i>	1/1	" " "
<i>Pr. domestica</i>	Kustendil	<i>Pr. armeniaca</i>	3/5	" " "
<i>Pr. domestica</i>	The Czar	<i>Pr. cerasifera</i>	2/2	" " "
<i>Pr. avium</i>	Early of May	<i>Pr. avium</i>	1/1	" " "
<i>Pr. avium</i>	Early of May	<i>Pr. mahaleb</i>	1/1	" " "
<i>Pr. mahaleb</i>		<i>Pr. avium</i>	1/1	" " "

Atanasoff (12, 13) reports the successful transmission of the disease from apricot, cherry and plum to plum; from cherry, apricot and

plum to apricot; and from plum to cherry. He remarks that he could not transmit the disease from plum to apricot, which it was possible for me to accomplish by budding two years old apricot trees. The reasons for negative results may be due to the fact that he has made most of the infections on grafted and fruitbearing trees, some of which may be disguised bearers of the disease and appear to be apparently resisting it (53). To eliminate that in my experiments I always used 2—3 years old seedlings, and only as an exception grafted trees.

It should be stated here that the experiments to transmit the disease from cherry and mahaleb to pear and apple, and also from plum to apple, pear, quince and nut have not given results so far.

Hidden and Temporary Hidden Agents of the Disease.

In a private orchard near Sofia were found two trees of the variety "Queen Victoria" with healthy leaves. But a small portion of the fruits, scattered all over the crown showed typical pox, as it is expressed in the Kustendil plum, while the other part showed only ringlike to archlike, big striped purple to violet-purple mottling on the surface, without any changes in the flesh of the fruit. The fruits of the infected trees fell off prematurely. They showed toughness, gumminess and insipidity. In cutting, there was no lenticular gumminess of the flesh towards the top of the stone. After the falling off of the fruits, there was no difference between the infected trees and the healthy ones. In the same orchard there were 70 trees of Kustendil plum infected with typical pox.

Another similar case is represented by the domestic variety "Trunka". According to Mr. Shirocoliisky, the leaves of the trees he watched were healthy, while the fruits of the same showed a very pronounced pox, dropped off abundantly and had a distasteful, gummy flesh.

The greengage (*Prunus cerasifera*) appears to be the most frequent case of the hidden or temporary hidden agent of the disease. As it was already stated, cases are found, where 100 % of the fruits showed very pronounced pox, while on the leaves there was nothing or faint, almost unseen chlorosis on single leaves. The case was the same with the artificial infections, where the symptoms appear on the first growing leaves and later on, during the summer the symptoms become indistinct.

Temporary symptoms of the disease exist in the cherry, mahaleb and apricot, as was seen in the description of disease in these species.

Period of Manifestation of the Disease.

When the plum trees, infected with big striped pox, were closely observed, it was stated, that the symptoms appear very early on single leaves. In the case of the blue Kustendil plum rings and lengthwise stripes were found in the time between full blossom and the falling of the latter.

Also in the case of the variety "Green Queen Claudia" the symptoms of the disease were clear immediately after the falling of the blossoms, when the leaves had hardly $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ of their normal size. In the case of cherry and mahaleb the symptoms were evident in May. In general, the symptoms are clear in spring and with the coming of summer they weaken and even disappear or are disguised by weak to medium chlorosis. In the plum a great change does not take place and the symptoms of the disease are apparent on the infected trees till autumn. It seems that heat has the greatest influence on the display of the disease. From the observations made so far it is clear that the disease is retarded or masked in cool as well as in hot weather, but is also dependant on the host tree. About the end of May, 1934, for instance, the cherry and mahaleb trees in the nurseries showed pronounced symptoms of the disease. But after a rainfall and cooling of the weather, the symptoms on the cherry almost entirely disappeared, remaining only on one part of the mahaleb. With the coming of summer, the symptoms on their leaves also disappeared. The infected trees with delayed development caught up with the healthy ones and could not be distinguished from them.

Transmission of Infection.

It has been proved by the experiments made so far that the transmission of the virus is possible by transmitting of tissue from the infected trees. Under our conditions, this is most often done by budding. No matter whether the bud lives or not, the disease appears on the host plant. In this way the infection has been carried and multiplied in many of our nurseries. In North Bulgaria it was found wide spread in the State nurseries near Elena and Lom in 1933. In both cases the disease has been carried from the Kustendil district, by infected trees to the first nursery and by infected grafts to the second.

In order to prove whether the virus can be transmitted by stones, in 1935, 100 stones from Kustendil plum infected with pox were planted. Only seven seedlings were accomplished, which remained healthy. They were infested with plant lice and being in the vicinity of pox infected plum trees, in 1937 two of them showed the symptoms of the disease. Also, in 1936, 530 stones from infected Kustendil plum trees were planted. In 1937, 102 seedlings were accomplished, free from the disease.

Atanasoff (12, 13) has proved experimentally that this disease is transmitted by the plum lice (*Anuraphis padi*).

Action of Heat.

In order to test the possibility of disinfection of the grafts from infected trees, in 1935 several experiments for determining the thermal

death point of the virus were made. For the purpose, grafts with ends smeared with liquid paraffin were taken and placed in the thermostat at the desired temperature. After the given time the treated grafts were taken out, cooled, and several buds of them were transmitted on to 2—5 healthy two years old greengage trees. To eliminate necrosis in cases of higher temperature and longer treatment, smearing of the whole surface of the grafts with paraffin was very successfully practiced. This was done because it was noticed that the injuries begin on the surface of the bark and are caused by the intense evaporation. The results from a number of the experiments are given in the following table:

Temperature, in degrees C:	Time of treatment in minutes:					
	15	30	50	60	70	90
48—50		+	+		+	
54—57		+	—	—		—
59—60	+	—				
65—66	—	—				
69—70	—	—				

By comparing the obtained results with Kunkel's (40, 41) investigations, it is evident, that the virus causing the broad-striped variegation of the drupaceous trees is different from the viruses of Peach yellows, Peach rosette, Little peach and Red suture.

Geographic Distribution.

Referring to the literature on broad striped variegation, it was seen that it was found in Australia, California, South Africa and Bulgaria. According to unproved data the same disease was observed in Macedonia in 1916. In our country, where the plum culture holds a first place among the other stone fruits, the disease is very important and of great economic significance. In south-western Bulgaria and some districts of North-western Bulgaria the disease affects a great number of plum trees. The lack of exact statistical information makes it difficult to estimate the extent of the disease, but it is very probable that the number of the infected trees exceeds 1 million. The disease is distributed also in other districts of the country by graft transmission and also by selling of infected trees from the nurseries before 1933, when the cultivation of plum trees in the nurseries of the highly infected districts was forbidden. In South Bulgaria the disease is found in the Karlovo district, Ludjene and Tchepino. In 1936 the same was found scattered or in nests in the Pleven district (North Bulgaria) which shows that it is scattered all over the country.

The Effect of the Measures Taken.

In 1933 the first inspection of all the nurseries in the country for discovery and destruction of all plum trees and seedlings infected with the disease was undertaken. While the disease was found only in two nurseries in North Bulgaria (near Elena and Lom) it was greatly distributed in the South western part of Bulgaria, especially in Kustendil district, where more than 120,000 trees in the nurseries were destroyed and the production of plum planting material was forbidden. In the State nursery near Elena the same year 18 fruit bearing trees, from which they used to take grafts and also 180 trees obtained by budding from the infected trees were destroyed. When the second inspection was made in 1935 it was found that the matricaria as well as the nurseries were free from the disease. This fact shows plainly the great importance of the destruction of the infected trees for the reduction of the development of the disease. During the same inspection 4 rows of trees entirely infected with the disease were found. On inquiring, it was found out that because of lack of grafts, such were taken also from a private orchard from an infected tree. In this case it is interesting to notice that for three whole years, these infected trees, though attacked by plant lice, have not passed the disease to the great number of plum trees found in their surrounding. This shows to some extent, that the transmission and scattering of the infection is done mainly by grafts from infected trees.

II. Narrow-Striped and Ring Spot Variegation.

Very narrow, from 0.5—2, seldom 3 mm broad, winding lines, crossing the veins or running along them, sometimes forming irregular, folded, closed, bigger circles or regular to irregular small rings with lighter green, yellowish-green to greenish-yellow color, seen in passing light and sometimes in reflected light on the face side of single leaves, on a portion of them, or on all the leaves of the infected trees, is the typical expression of the disease in all the kinds in which it is found so far.

It seems that to the same disease refers Valleeau's (4, 6, 59) statement about chlorotic lines and ringlike variegations, resembling the ring like spots on tobacco, resulting from budding on peach from the plum varieties Abundance, Red June, October Purple, Bovay and Shiro. The same disease is stated to have been observed on the peach Elberta.

To the same disease refers also the narrow striped variegation on the peach in the State Orchard Experiment Station near Drenovo, by Atanasoff (11—13).

Whether the announcement of G. Arnaud and M. Arnaud (9) belongs here, I can not tell, because I did not have chance to look over

their publication, and the report about it in The Review of Applied Mycology is not sufficient.

Description.

Plum (Prunus domestica). For the first time this disease has been observed by the author in a plum orchard near the village Dragalevtzi (Sofia district) on September 21, 1932. 40 trees 18 years old of the variety "Kustendil plum", planted on watered meadow showing withering of the fruit beginning at the stem and spreading to the top of the fruit. The stem and bough were entirely normal. The fruits seemed over ripe and most of them fell off leaving the stems sticking fast to the boughs. In tearing the fruit it was noticed that the flesh was tough and easily slipping out of the skin. In cutting it, one sees that the flesh near the stone looks brown, as if decaying, but is free from moulding and bacteria. When eaten, the fruit is tough and has an unpleasant, insipid taste. Later, in 1936, these fruit symptoms were found on single or numerous fruits in thousand trees of the domestic blue (Kustendil) plum in the Pleven district (North Bulgaria).

On the leaves of plums, showing withering of the fruits, which is accompanied by falling off, single poxy spots, and necrosis around the stone, was found characteristic narrow striped, light green to yellowish-green variegation, single or numerous, small or bigger, narrow striped rings and also folded lines crossing or running along the veins of the leaves. In a great many instances, the described symptoms could not be observed on the leaves of the fruit-bearing trees, but were very apparent on the shoots of the same trees. The variegation of the leaves is greater on trees planted in moister soils. Besides, on the "Kustendil plum", wrongly called "Majarkina" in some place, the disease was found also on the domestic varieties: "Petrovki", "Turgini" and "Urbalki".

It is interesting, that not always and not all the fruits of the infected trees show the symptoms of the disease. It seems that a longer period of time is required for the disease to affect a greater part of the fruits. Heat and moisture also seem to play an important role in the extent of the development of the disease. In the sheltered places, and especially along rivers and other moist places, the disease is more pronounced than in drier and higher places. Besides, it is found more rarely as the distance above sea level increases, which suggests the probability, that it is carried about by some insects.

Peach (Prunus persica). The author has not as yet found narrow striped variegation on this. But that it is also subject to the same disease is seen in Atanasoff's most recent work (12, 13). There in fig. 15 is shown a peach leaf with the characteristic narrow-striped variegation in single and numerous thinly marked little rings and folded

lines, light green to yellowish in color. This disease of the peach is observed by Atanasoff in the State nursery near Drenovo situated within the district where the narrow striped variegation has developed.

Cherry (Prunus avium). Comparatively narrow (2—3 mm) in stripes, yellowish green to greenish yellow, irregularly folded striped and ring-like mottling was found on an unknown cherry variety in a private orchard near Bourgas on October 7, 1937. Only three leaves were typically spotted. According to the owner, the fruits were normal, but dropped off prematurely. Further investigations of the disease are to be made in the following years.

Almond (Prunus communis). Typical narrow-striped mottling, in irregular rings and numerous folded lines with yellowish color was obtained by budding 2 two years old wild almond trees with buds from a "Kustendil plum", infected with the disease. In passing light these spots are not very distinct, but are best seen in reflected light on the face side of the leaf (s. f. 21).

Greengage (Prunus cerasifera). Here also very distinctly, narrow -striped variegation in irregular rings and folded bands with light green to yellowish color was obtained by budding from "Kustendil plum" infected with the disease to 10 two years old greengage trees.

Artificial Infections.

The narrow-striped variegation was considered in the beginning as a manifestation of the common plum pox and was not paid great attention until 1936, when it was found in a large degree together with single cases of typical pox. Then transmission was made by budding from the infected plum trees to 10 greengage and 2 almond two years old trees, where evident and typical narrow-striped variegation was obtained, the maximum of incubation period being 10 months. The experiments to transmit the same disease, in the same time, to 5 pear, 3 apple and 4 quince, healthy two years old trees, gave negative results.

Disguised and Temporarily Disguised Agents of the Disease.

When the Kustendil plum is infected with broad striped variegation, it shows an intense mottling of the leaves and great injuries of the fruits, while, the same variety, when infected with narrow-striped variegation shows a relative resistance. In the last case, a great number of trees has been observed, where the leaf symptoms were not present, or only single leaves showed symptoms, while the off-shoots of the same trees show a marked variegation. The same thing has been observed in connection with the fruit injuries, which in many cases are seen only on single fruits.

Still more interesting is the case of Japanese plum (*Prunus salicina*). In budding from apparently healthy trees from that variety to healthy

greengage, with the intention to test the obtained trees concerning virus diseases, it was proved, that the Japanese plum had been infected with narrow-striped variegation, without showing any of its symptoms.

Period of Manifestation of the Disease.

The narrow-striped variegation of the Kustendil plum was observed from spring to autumn. It should be noticed that it usually appears on the first developing leaves of the infected trees, while all others may seem entirely healthy. That leads to the conclusion, that either the virus causing the disease requires a lower temperature for its development than that of the broad-striped variegation, or also, it is a case of apparent immunity.

The experiments for transmitting the virus displayed the following interesting phenomena: in the case of large-striped variegation the symptoms of the disease appear on the leaves of both the transmitted bud and those of the greengage; in infection with narrow-striped variegation, however, when the transmitted bud did not develop, the symptoms of the disease appeared on the leaves of the host plant, while, when the bud did grow, on the leaves of the sprout which came from it appeared narrow-striped mottling, but not on the leaves of the greengage, until the incubation period of 12 months was over. In some cases it was the opposite. The first symptoms were noticed on the leaves of the host plant and later on the leaves of the transplanted bud.

Transmission of the Disease.

By the experiments made so far it is fully proved, that the virus which causes the disease is carried over and transmitted by the grafts taken from infected trees. By selling infected trees from the nurseries, the disease is scattered all over the country. In order to stop the transmission of the disease, in the severely infected regions, which could not be cleaned up, the production of plum planting material was forbidden.

Geographic Distribution.

The narrow-striped variegation is found to its greatest extent in Pleven district (North Bulgaria) but is probably met though more rarely in the other parts of the country, which is seen from the cases mentioned above about finding the disease in the Sofia and Burgas districts. For the reduction of the disease, in 1936 an examination of all plum trees in Pleven district was undertaken. Out of about 5 million trees, about 100,000 were infected and over 51 thousand of them were destroyed. In some counties the owners showed a great opposition, being influenced by some people of counter interests, so that the rest of the infected trees were not destroyed and the examining of the remaining several hundred

thousand of infected trees was stopped. For reduction of the disease, the counties which were not cleaned up, were forbidden to produce plum planting material.

The Effect of the Taken Measures.

The condition stated about the broad striped variegation in the nurseries was the same for this disease also. In 1933 infected fruitbearing trees and also infected young trees were found in the State nursery near Loukovit (North Bulgaria). They were all destroyed. On examination in 1935 only 2 rows of infected plum trees were found in the nursery, all of which showed the disease on single leaves only. When the tree from which grafts were taken was examined, it proved to be infected. Besides, another infected tree was found in the orchard from which no grafts were taken. It was observed, that the infection from the mentioned two rows of young trees was not transmitted to the trees of the neighbouring rows, though they had been together for three years and the records showed an abundance of plant lice.

III. Mosaic.

A great variety of symptoms, expressed not only in the form, size and color of the spots, but with or without deformation of the leaf blades and mottling of the summer sprouts complicates the work immensely. While some observations demonstrate that all those symptoms may be due to one virus, observations of definite species and varieties and some experiments show the probable existence of several viruses and of several diseases. That is also manifested in the numerous statements in phytopathological literature concerning the displays of virus nature and causing mosaic mottling on the drupaceous fruit trees. It is difficult to ascertain to which of the observed displays a statement refers, much more so, because mixed symptoms are found. From my work so far I get the impression that this is a group of diseases which requires a more profound study. Moreover, as would be seen further on, these diseases are very extensively distributed and some of them pass over even to pomaceous fruit trees. Though in the experiments for artificial infection of green-gages three kinds of mottling were obtained: *usual polygonal mosaic mottling*, *fine to star like mosaic* and *peripheral chlorosis*, for greater distinction, comparison and explanation of the facts so far known, in the following statement the description of the symptoms would be given in groups, as they are met in the different species.

Plum (Prunus domestica, Pr. domestica var. insititia). In most of the observed plum varieties the most frequent case of mosaic mottling is that, expressed in big, medium size of fine polygonal, usually clearly marked, lighter green, yellow-green to greenish yellow spots or stripes,

which in some varieties more or less get sun scorched. In some varieties the leaves of the infected trees fall off early. Darker green, watery spots are observed on the green, still growing fruits, which disappear in most varieties or are found in a small number of fruits as gummy hollows in the flesh. In most varieties a prematurely falling off of the fruits is observed. In others, though the falling off is little or none, the fruits show from a hardly noticeable to an apparent reduction of quality, manifested in toughness and insipidity. Since the varieties observed so far show a great diversity, they should be briefly described and the cases showing the existence of several viruses and several diseases should be pointed out. (The varieties are described in the alphabetic order of their Bulgarian names).

In 544 trees of the domestic variety "*Alenka*", in Sevlievo district (North Bulgaria) were found in 1936 numerous, fine, polygonal, almost rectangle, scattered or combined, yellow-green to green-yellowish spots on all the leaves of the infected trees without deformations or changes of the outline of the leaves.

The leaves of two trees of the variety "*Anna Späth*" (State nursery Loukovit, July 31, 1933) showed also fine, dot-like to big 2—3 square mm, almost polygonal, single or complex, yellow-green to green-yellow spots, well visible in passing light, scattered all over the area of the leaf, here and there connected and turning some leaves yellow, without deformations.

On several trees of the variety "*English White Big*" (State nurseries Lom and Vidin, 1935) and in the village Truntchovtzi (Nicopol district, North Bulgaria) the leaves showed slight to medium mottling in fine polygonal, lighter green spots, some of which combine in bigger complexes without other changes of the leaves. The trees showed a weak fruitbearing, since most of the fruit fell off about the time of ripening. On the back side of the fruits, near the tip of the stone, lenticular hollows in the flesh were found, filled with transparent gum. In some fruits a greater quantity of it is formed and runs out on the surface in small drops or strings. The ripe fruits showed some toughness.

On the domestic variety "*Bumbalka*" in 1936, in Sevlievo district some trees were found, which showed fine, polygonal, yellowish green spots, scattered or gathered in bigger ones, all over the leaf area, without causing a deformation of the leaf, well seen when looked upon in passing light. Similar mottling was also found in the domestic variety, known by the names "*Belovitza*" (on a great number of 3 years old trees in a private nursery near Sofia, 1936), "*Belovka*" (in the village Turnovo, Sevlievo district, 1936) and "*Belurki*" (in the village Gradiste, Sevlievo district, 1936) the fruitbearing ones showing necrosis and gumminess of the flesh.

The variety "*Big Sugar Plum*" (Municipal nursery in Belogradtchik, 1933) shows small polygonal yellowish spots, well seen both in reflected light on both sides of the leaf, and especially in passing light. These spots are scattered all over the leaf, giving it a yellowish shade.

Last year (1936), the manager of the State nursery in Trun, sent leaves from the plum "*Bühler frühe Zwetsche*", which proved infected with mosaic. On them were apparent numerous scattered, exceedingly fine, dot-like to 1 mm, polygonal, mostly square spots, some of which were sun scorched in the middle. According to the opinion of the manager, the fruits looked healthy.

From the variety "*Graf Althans Reneklaude*" mosaic symptoms were observed on several trees in Obrastzov Tchiflik, Vratza, Loukovit and the village Kojnare-Bela Slatina district — in 1933, and later in Slivnitza (1935). On the leaves of this variety, numerous of medium size, polygonal, light green to white spots and bands appear, well seen in reflected light on the face side of the leaf, showing a pewter shade, and partly on the reverse side of the leaves. In most cases these spots are scattered all over the leaf area and some of them formed, while the leaves were still growing, change the outline of the leaves. Toward summer, the leaves curl upwards along the main vein and generally receive a yellowish shade, which makes the infected trees visible from a distance of about 10 meters. In most cases an earlier falling off of the fruits is observed. The remaining fruits retain their normal form but have somewhat insipid flesh and a more watery appearance.

A fruitbearing tree of the same variety in the State nursery near Elena (1933), showed, besides the mosaic mottling described above, which was observed only on one part of the leaves, a yellow green coloring of the leaves, which began from the top and edges of the leaves and spread inwards, bound by some secondary veins. Only in the middle of the leaf tissues of normal green color remain, forming irregular spots or polygons with a mosaic mottling. All the described symptoms were also accompanied by a curling of the leaves upwards, along the main vein and the infected tree was seen from afar. It could not be stated whether in that case besides mosaic there was another cause, because the tree was immediately rooted out.

In Obrastzov Tchiflik buds from infected trees were transplanted on 2 two years old greengage trees on July 12, 1933. When examined on July 3, 1934, on single summer sprouts were found fine, mosaic scattered, light green, almost white spots, all over the leaf area, causing a slight deformation of the leaf. Some of the spots were sun scorched.

On June 23, 1934, buds from an infected plum "*Graf Althans Reneklaude*" were transmitted to a cultivated and 3 wild pear trees in Obrastzov Tchiflik. When they were inspected on May 23, 1935, on their leaves was

found an apparent mosaic mottling, resembling to a great extent the symptoms of the disease of the plum mentioned earlier (s. fig. 81). From infected pear trees were taken grafts by which two buds were transmitted to each of two wild pear trees, two years old in the State nursery, Pavlovo, on May 29, 1935. When the same trees were inspected on May 25, 1936, they displayed very pronounced mottling of the leaves. The spots were lighter green, yellowish-green, angular (polygonal), medium big to big, mosaic scattered all over the leaf area. The inspection on June 4, of the same year found that an off-shoot of one of the trees showed a paleness of the veins on the leaves. The mosaic mottling was apparent on both trees during the whole summer.

On May 29, 1935, buds from the same plum tree were transmitted to 8 peach trees in the State nursery, Pavlovo. The inspection on June 5, 1936 showed pronounced mosaic, in polygonal, lighter green, fine to medium spots, on the lowest leaves of the lowest summer sprouts. On the same date in 1935, in the same nursery buds from the same plum were transmitted to 1 cultivated rose bush and a wild pear stripling. On June 4, 1936 the wild pear stripling showed a very pronounced mosaic mottling on a part of the leaves, and the rose showed nothing. When the latter was observed on September 1 of the same year, a pronounced mosaic mottling of the leaves was found and a diminishing of the newly developing leaves.

Of the domestic variety "*Debelitzi*" in 1936 were found in 9 villages, Sevlievo district (North Bulgaria) dozens of trees, whose leaves showed mosaic mottling. According to the obtained informations, their fruits seemed healthy.

On the leaves of plum "*Dollaner Zwetsche*" in 1933 were found in the State nurseries near Turgovishte and Provadia (North Bulgaria) mosaic mottling in medium, light green, yellowish-green, polygonal spots, single or several in groups, scattered all over the leaf area. According to the information from the managers of the nurseries, the fruits were normal.

On five trees of the variety "Early Big" (State nursery, Pavlovo, 1935) the mosaic appeared as on the "*Afuska*" (*Prunus cerasifera*). Small to medium, yellow green, distinctly polygonal spots were found on single leaves. The rest of the leaves, and in the cases of some of the trees all the leaves, show a faint chlorosis. The trees have a good bearing, but before ripening the fruits fall off. The fruits are insipid and with a tough flesh. About that time begins a rather intense yellowing and falling off of the leaves, some of which become even brown.

A great number of fruit bearing trees and striplings of the variety "*Green Queen Claudia*" (Belogradtchik, 1933; Panagurishte, Plovdiv, Lom, 1935; Sofia, Turnovo, Sevlievo, Breznik, Smoljan, 1936; Pavlovo,

1937) showed fine to medium, distinctly polygonal, lighter green to yellow green spots, scattered on the leaves without causing their deformation. Single fruits, of the fruitbearing trees, show darker green spots on the surface under which in cutting a gumminess of the tissues, which does not go to a great depth is seen.

On July 11, 1936, buds from "Green Queen Claudia" infected with mosaic (State nursery, Sevlievo) were transmitted to 6 healthy greengages. When inspected on June 3, 1937, no mottling of the leaves was found. A month later, on July 9, of the same year, a mosaic mottling was found, which appeared in the beginning on the first (oldest) leaves, after that included the others, with the exception of the young, still developing leaves on the tops.

When this plum variety is infected with mosaic, no deformation of the leaves is observed. When the same is transmitted to greengages, infected with star-like mosaic, a deformation of the leaves takes place, especially of the ones that come out first on the shoots in spring. Not only a narrowing and a slight thickening of the leaves is observed, but also cutting in of the outline and disappearing of the crenates on the periphery. (This symptom will be described in details when the variety Kustendil plum is discussed.)

The local variety "*Golden Kouman*" (State nursery Panagurishte, 1935) showed single leaves with fine to medium, polygonal, yellow-green spots. There were no fruits.

The variety "*Italian plum*" (State nursery Loukovit; Municipal nursery Russe, 1933; the State nurseries Pavlovo, Asenovgrad, Panagurishte; a private orchard in the village Bankja, Sofia district, 1935; State nurseries Elena, Trojan, Loukovit and in the School orchard of the village Alexandrovo, Lovetch district, 1936) shows medium big, chlorotic, polygonal, in most cases square or in short bands, spots. They are seen also in reflected light on both sides of the leaf, but are most clearly seen in passing light. An earlier yellowing and falling off of the leaves is observed, which begins in the summer. Single fruits of the infected trees show darker green spots, under which there is a gumminess of the tissues. The fruits of the infected trees fall off slightly or abundantly in the beginning of their coloring before ripening. In the State nursery Loukovit, the tissues of the leaf spots got sun scorched and fell off and the leaves remained mottled with more or less round holes.

In the State nurseries near Elena and Trojan, on the same plum variety were found only band-like, lighter green mottlings, causing a deformation of the leaves. The fruits of these trees were healthy. These differences in the symptoms of one variety gives a suspicion of the existence of two races of this virus.

The domestic variety "*Karadjeika*" (State nursery Panagurishte, 1935) showed medium big, polygonal, yellow green spots on the leaves. In 1936 Mr. Shirokoliiski, reported from Drenovo county, that for the same variety the trees had apparently healthy leaves, while the fruits of the same had darker green spots while still green and while ripe there was no depression, though the fruits were all with a distasteful and gummy flesh.

The leaves of a domestic "*Pear-like Plum*" (State nursery, Pavlovo 1935) showed medium to big striped spots, single or several together, on a small number of leaves, which spots hindered the development of the respective part of the leaf. On almost all of the green fruits of the infected tree darker green drops and irregular rings were found during the time of the growing of the fruits. Toward ripening, however, the spots became almost invisible, or were very dimly seen, as darker spots. The fruits of the infected trees were somewhat tough and insipid, compared with those of a healthy tree, found near the infected one. In 1936, when the spring was cooler and rainier, the symptoms described here were not apparent on the leaves and the mottling on the fruits was smaller and weaker.

The leaves of a tree from the variety "*Queen Ivazonska*" (State nursery, Pavlovo, 1935) seemed entirely normal until about the middle of July, but in August they began to turn yellow and to fall off. One part of the fruits had distinctly watery (darker-green) spots. The other 3 trees of the same variety, growing near the infected one, did not show any change whatever of the leaves or fruits.

The variety "*Kustendil plum*" (known also under the names: Blue plum, Balkan plum, Majarkina) shows several types of symptoms related to the mosaic mottling of the leaves.

The mosaic mottling appears most frequently in small to medium-big, pale green, polygonal, scattered or uniting spots, usually situated about the middle of the leaf. In spring when the new sprouts are developing, their first one, 2—3 even ten leaves are smaller ($\frac{1}{2}$, even $\frac{1}{4}$ in size), narrower, curled, folded and covered with numerous spots, so that in their uniting and growing, the middle of the leaf looks entirely occupied by colorless, irregular spots. Later some of these spots get sun scorched and the growing of the leaves causes tearing of the same. Beside these spots, the same leaves show also a paleness of the veins, scattered in short lines. When the weather becomes warmer, the newly formed leaves have a normal shape, size and appearance and look entirely healthy or are sprinkled by finer, almost square, even dot-like, lighter green spots, some showing short colorless spots on the veins. The same normal appearance have also the leaves coming from the buds of last year's sprouts, which remain at the basis of the sprouts, giving abnormal leaves,

and only in rare cases are slightly mottled. On the dark colored side of the new sprouts appear round and elliptic lighter green spots and rings.

The described disease is very often met in the nurseries all over the country. It has been observed in Pavlovo, as early as 1931, and in 1933 — in Russe, Loukovit, Elena and Vratza (North Bulgaria). All that makes it clear, that the Kustendil plum gets the disease after the transplanting on infected greengage host trees, since the disease appears earliest and consequently is best pronounced in trees, whose greengages have shown the symptoms of the disease even before the transplantation. The disease is observed only in young, 1—3 year old trees in the nurseries, while the fruitbearing ones do not exhibit the described symptoms on the leaves. The darker green spots on a part of the fruits of some Kustendil plums are probably due to that virus, no matter whether the trees are infected with pox or not. Another evidence is the fact, that when stones from Kustendil plum infected with pox and showing dark-green spots on the green fruits were planted, a mosaic mottling was apparent in some of the obtained trees.

The same variety, in 1933 showed star-like mosaic in the District nursery in Russe. In this case, fine to medium big (3—4 mm) irregularly polygonal, greenish yellow to lemon yellow spots are formed, well seen also in reflected light, especially on the face side of the leaf. When looked upon in the shade in passing light, most of the spots appear with crenate edges, because they cover and run along the veins with small distances between them. The spots are scattered most irregularly all over the leaf, of which a very slight deformation is seldom observed. Only the youngest leaves, which develop at the tops of the sprouts show no mottling. Some spots, when combined, chance to form irregular little rings. The off shoots from the host tree (greengage) of the infected trees showed fine to star-like mosaic. Fruit symptoms were not observed, since the disease was found on the striplings in the nursery.

Similar lemon-yellow, almost round and slightly star-like spots were found in the "*Green Queen Claudia*" transmitted to infected greengage. The question arises, whether these are different symptoms of one disease, or represent symptoms of two separate diseases. The last supposition is supported by the fact that not all trees from the varieties "*Green Queen Claudia*" and "*Kustendil plum*" whose leaves show mosaic have a deformation of the leaves, but only those, which are transmitted on greengages, showing the same symptoms. These differences may be due to the advancing of the disease in the trees infected before. For solving that question respective experiments have been set. Some observations, however, on greengages, which will be described further on, show very plainly that at least 2 viruses are present.

The leaves of a young, not yet fruitbearing tree of the variety "*Mirabelle von Metz*" (State nursery, Panagurishte, 1935) showed big, polygonal, yellow-green spots, situated mainly on the periphery of the leaf.

The variety "*Mirabelle grosse*" (State nursery Pavlovo, 1935) showed leaves sprinkled more or less with fine to medium big, clearly polygonal, pale-green to yellow green spots, scattered or combining. About the end of August a number of the leaves began to turn yellow and single fruits showed slight depressions. The fruitbearing and its retaining was good and the fruits had a good taste.

The leaves of the plum "*Montfort*" (State nursery, Pavlovo, 1935) showed fine, polygonal, yellow-green spots only on single sprouts. Towards the end of August some of the leaves began to turn yellow and fall off. The fruits of the infected trees had a normal appearance, but were slightly tough and insipid.

Three buds from that tree were transmitted to a wild apple tree (sour apple) in the State nursery on August 15, 1935. When observed on June 3, 1936, a distinct mosaic mottling of the leaves was found, which disappeared toward the end of summer.

The variety "*Reineclaudé violette*" (District nursery, Russe, 1933) showed medium big, polygonal, distinctly marked chlorotic to brown yellow spots, seen on both sides of the leaves. They were scattered all over the leaf area, some of them uniting. In 1933 the fruits of the tree looked normal. Two buds from it were transmitted to a greengage stripling in Obrastzov Tchiflik on July 15, 1933. When inspected on May 28, 1934, single angular spots were found on the leaves of the greengage.

The domestic variety "*Petrovka*", in 1936 in Sevlievo district, showed mosaic mottling on the leaves of the 29 trees. The fruits of 21 of these trees were healthy. The fruits of the other 8 trees had a poxy appearance, probably due to infection also with the virus which causes these injuries.

The leaves of 2 trees from the variety "*Rivers Frühpflaume*" (Pavlovo, 1935) and 34 striplings (in a private nursery near the village Kesarevo, Turnovo district, 1936) showed fine and medium big, polygonal (most frequently square) yellow green spots, scattered or gathered in complexes. Toward the end of August the leaves began to turn yellow and to fall off. The fruitbearing was weak, but the fruits seemed healthy. Two buds from an infected tree were transmitted to a greengage on August 15, 1935. When inspected on June 5, 1936, most of the already developed leaves showed numerous, fine, polygonal, lighter green spots. Later, on September 1, 1936, the leaves of the greengage began to get scorched.

An undetermined variety carried from Yugoslavia to the village Stantchov Han (Trevna district) known as "*Serbian plum*" was found in

1936. The leaves showed numerous, scattered, fine to medium big, polygonal, lighter green to yellow spots.

A fruitbearing tree from the variety "*Starozagorska*" (Pavlovo, 1935) showed on some of the leaves polygonal, medium big, lighter green spots, while on other there were only indistinctly marked pale chlorotic spots. A premature falling off of the fruits was observed. The remaining ones seemed healthy.

The leaves of the variety "*Schöne von Löwen*" (Municipal nursery Russe, State nursery Elena, 1933; Obrastzov Tchiflik, 1934) showed fine and medium big, polygonal, lighter green and yellowish green spots in a limited number.

Two trees from the variety "*The Czar*" (Pavlovo, 1935) showed polygonal (square), medium big, lighter green and yellow green spots on the leaves. A part of the fruits color very early, but taste normally or slightly insipid. On single branches of one of the trees appeared oblong and stripe like, lighter green and yellow green spots causing a deformation of the leaves, expressed in irregular outline and narrowing of the leaf, which is probably due to big-striped variegation, since the symptoms of that disease were found on some of the fruits of the tree.

Three trees from the variety "*Red Malvasinka*" (State nursery Asenovgrad, 1935) showed fine and medium big, polygonal, yellow green spots. The fruitbearing was very scarce.

In a private nursery near Sofia (1936) a great number of trees were found from the variety "*Red Claude*" the leaves of which showed medium big, polygonal, lighter green spots.

Peach (*Prunus persica* and *Pr. persica* var. *nucipersica*). Several types of mosaic mottlings are observed in this species, separately and also mixed, which are retained also in the artificial infections.

On the leaves of 27 fruitbearing nectarines from the variety "Duraki" in Obrastzov Tchiflik, and also of several trees from the varieties "Early Yellow Peach", "Early Red Peach", "Late Yellow Peach", "Red Nectarine" and "Yellow Nectarine" in the Municipal nursery in Russe in 1933 were found comparatively big mosaic mottlings. The leaves of the infected trees retain their normal size and shape. Medium big and medium large (1, seldom 2 mm in diameter) pale green, yellowish green, greenish yellow, polygonal spots are formed, scattered all over the leaf in groups, sometimes combining and forming bigger spots or by chance surrounding normal green parts in irregular rings. Later, some of these spots are scorched in the middle in rings, so that the tissues in this places look red brown and pink brown. These scorched spots are usually well seen in reflected light on the face side of the leaf, but are noticed also on the reverse side, only here they have a pale olive shade, with a tint of purple. When looked upon in passing light, the scorched

spots are not clear at first. The tissues of some of these spots tear off and fall and the leaves remain mottled by irregular round holes. The mottling is accompanied with a slight wavy corrugation of the leaf, partly with a slight curling along the length of the leaf, also with a slight turning backwards along the main vein. The spotted leaves were seen until their falling off in the autumn which took place earlier than the falling off of the leaves of healthy trees. The fruits of the infected trees in 1933 showed a withering before ripening. The skin of the fruits wrinkled and most of them fell or withered on the boughs without reaching their ripening. They remained somewhat smaller and their flesh was distasteful. In 1934 on the same trees only a deformation of the fruits was observed, and in some cases a slight insipidity. These fruits showed slightly expressed irregularity of shape and resembled the so called "Bumpy" fruits, described by Valteau (59), Hutchins (37) and Atanasoff (12, 13).

In the municipal nursery in Russe, in 1931 and 1932 with the above mentioned peach and nectarine varieties were budded 1930 greengages which showed mosaic infection when investigated in 1933.

Two peach trees of an indefinite variety in Obrastzov Tchiflik showed numerous, polygonal, fine, 1—2 seldom 3 mm in diameter, yellow green spots on the leaves, seen equally well in reflected and passing light. The fruits of these trees looked normal. The disease appeared to be the same as that of the nectarines, and probably was caused by infection from them, and the observed differences were due to the difference in varieties.

On the leaves of a part of the transplanted peach varieties "Elberta" and "G. H. Hale" in the State nursery near Tchervena Voda in May 1933 were found numerous, from fine (about 1 mm) to medium big, pale green, from green yellow to lemon yellow, irregular, polygonal spots, scattered all over the leaf area, here and there gathered in larger groups or uniting and forming indistinct network complexes. These spots are seen on both sides of the leaf, alike in reflected and passing light. Single leaves showed a slight corrugation of the leaf, because of the slight shortening of the veins, and also a cutting in of the leaf outline, caused by the forming of spots during the time of its developing. Towards summer the mottlings on the leaves grow fainter and indistinct.

In the peach, as well as in the other fruit kinds, separately or mixed with the usual mosaic, appears a fine star mosaic. With this form are seen, in passing light, numerous, scattered all over the leaf, fine, about 1 mm pale yellow, polygonal spots, single or in groups, in the last case forming irregular or star-like complexes, not exceeding 2—3 mm in diameter. Most of the spots scorch, the tissues become purple or fall off, and the leaves become covered with fine holes. In reflected light the

spots are visible on both sides of the leaf, in yellowish, polygonal, fine spots. In some cases only a change of the outline of the leaves was observed, caused by the mottling and their turning downwards along the main vein. The described variegation was observed in 1933 and 1934 in a fruit bearing peach tree from the variety "Red Magdalena" in the orchard of Obrastzov Tchiflik, the fruits of which however, were normal in appearance, shape and taste. The same symptoms were found in the 2 years old striplings from the variety "Elberta" and also on its almond off shoots in the State nursery near Tchervena Voda. The same disease was found also in single 2 years old peach striplings in the Municipal nursery in Russe, where the infection was transmitted by the diseased greengages after the budding. As to whether grafts from healthy or peaches infected with the described mosaic were used, and also whether the transmission was made on healthy or greengages infected with star-like mosaic, these two forms were observed separately or mixed, both in the graft and on the host plant. In the last case, single peach leaves showed only fine star-like mottling, and others showed big mosaic, on which appeared very early (in May) scorching in the form of pale purple-pink rings. On the greengage two kinds of variegation were also found: most of the leaves had the star-type spots and only single leaves had polygonal, medium big, pale green spots. In the last cases, in the sprouts of both the greengage and the peach the characteristic mottling was seen, which usually accompanies the star-like mosaic. In the case of the greengage it had the form of pale green spots and rings, while in the peach they were pale brown, defined by a narrow brown stripe, around which there was a pink wreath, spreading and running into the normal green skin of the sprouts. These symptoms resembled very much the injuries of *Clasterosporium carpophyllum*. However, the healthy trees both in the nursery and in the orchard did not show such mottling, nor were found the fruit bodies of the fungi usually observed, and when inspected under the microscope no hyphae were found in the tissues. From the facts stated so far follows the conclusion, that in this case two separate viruses are present, which may also be found together.

A chlorosis of the peaches is developing to a great extent all over the country. In the beginning it was considered as a result of freezing, but a series of facts and observations contradict this opinion. This disease was found in 1931 in the State nursery in Pavlovo. In 1933 it was observed in two fruitbearing peach trees from the varieties "Red Magdalena" and "Late Pink" in Obrastzov Tchiflik. During the same year the same disease was found in the Municipal nursery Russe in the peaches "Early Red", "Early Yellow" and "Late Yellow" and also in the white and red nectarines. This disease was found also to a smaller extent in the State nurseries near Russe, Drenovo, Stara Zagora (1933), Plovdiv

(1935) and Sadovo (1936), and according to some reports it is also found in Leskovetz (1937).

In the plots of these nurseries, the diseased trees are most frequently scattered among the healthy ones and can be seen from afar. In all cases a yellow coloring of the leaves is observed, reddening of the veins on the reverse side of the leaves, which begins from their peripheries. This is accompanied also with a curling downwards of the tops of the leaves (as if withered) and in the meantime the two halves of the leaf turn upwards toward the main vein and in some varieties not only meet, but even overlap. The leaves of some of the varieties begin to fall off in mid summer.

While in 1933 in the Municipal nursery in Russe no other leaf symptoms were observed than the ones described above, in 1934, in the beginning of July, on some of the leaves which had yellow green to green-yellow color, appeared yellow green to red-carmin spots, in some varieties purple and purple pink, not very defined, polygonal and round spots. The tissues of the spots later on appeared scorched, turned brown to dark brown and fell off, as a result of which the leaves remained variegated by holes of various number, shapes and sizes. Other varieties showed a general reddening of the whole leaves. It began as a reddish shade, which gradually increased until the leaves became entirely purple pink.

In the summer of 1933 in the same nursery, 916 two years old peach trees showing symptoms of chlorosis were marked by tying with raffia. In the spring of the next year it was observed that these trees are more or less withered. In the most acute cases there was an entire withering of the trees. The rest had a drying of the main or side sprouts, in most cases extending shortly above the place of budding. In the last cases, from the buds on the stems grew new sprouts, the leaves of which showed the above described symptoms. According to Mr. Krusheff's reports (from Drenovo), the diseased trees usually die towards the second year, no matter whether they are transplanted or not. When transplanted, according to the same, they did not develop, and when cut very low, they gave new sprouts, but the young trees died in a short time.

The stocks of the peach trees in the Russe nursery were greengages. Offshoots had developed from them, the leaves of which not only showed chlorosis, but some of them showed star-like mosaic also. When the greengage trees, from which the stones for these seedlings were taken, were inspected, it was found, that some of them showed chlorosis together with a turning up of the leaves, expressed especially in dry weather. When stones from these trees were planted in Sofia in 1935, some of the obtained greengage striplings showed star-like mosaic.

Some other facts also show that the infection with a virus is the main reason for the observed chlorosis and of the freezing of the peach

trees in the nurseries later on. For instance, in many cases from the transmitted buds grow sprouts and the trees develop normally during the first year to the end of August, when the symptoms of the chlorosis begin to show. In other cases, the varieties "Elberta" and "Hale" transmitted to greengage show yellowing of the leaves, reddening of the veins, curling and early falling off of the leaves, while the variety, "Early Alexander" under the same conditions and in the same nursery remains with absolutely fresh leaves. In a third case, the peaches transmitted to greengage turn yellow, while, transmitted to almond or wild peach remain absolutely healthy. These cases can not be explained by freezing of the roots or the aboveground parts. But they are easily explainable, when considering the fact, that the greengages infected with star-like mosaic continue to develop till very late and even form new sprouts until the beginning of winter or severe colds. This is the reason why their sprouts before the budding, or the sprouts after the budding, do not fully ripen and may die later on. In the cases when the infection comes with the buds, it spreads over the whole set of trees, but when it comes with the stocks, the diseased trees are scattered among the healthy ones exactly as the mosaic infected hosts were scattered before the budding. The results of the budding made confirm this explanation. It is very natural that the different peach varieties would react differently in the situation, nor does that exclude some strictly physiological reasons in some cases. This case resembles the mosaic disease of pomaceous trees.

When the course of the disease in the fruitbearing trees in Obrastzov Tchiflik was examined, it was found, that while in 1933 their leaves showed only chlorosis, the next year appeared the same red mottling with scorching and falling off of the necrotic tissues, as was observed in the Russe nursery. The fruits of the two varieties (Red Magdalene and Late Pink) of diseased trees were few in number, remained small, with an angular appearance and ripened later compared with the healthy ones. These fruits had watery and partly fibrous flesh with an insipid taste. According to the leaf and fruit symptoms, the disease might be considered as the disease known as the "Little Peach". Here, however, the symptoms in the development of the tree itself, which are reported as characteristic with that disease, are missing.

The experiments for transmission of the viruses of this kind are briefly stated as follows:

With grafts from the peach, showing mosaic in the Municipal nursery in Russe, on June 4, 1934 were transmitted buds to a wild pear tree. Under its bark, when cut near the vessels a hash of unfinely crushed leaves from the infected trees was placed. About August 17, 1934 on

the leaves appeared undefined mottling, here and there showing clearly polygonal yellow green spots.

With buds and juice from the same tree on June 6, 1934 was infected a young peach tree. When inspected on August 8, 1935, on the leaves of the lowest sprouts were found single, medium big, lighter green spots, while all the other leaves showed chlorosis and were curled.

Budding with 3 and 4 buds from the same source on two wild apple trees on June 19, 1934, gave mosaic with scorching of the leaves, which symptoms resemble those obtained when mosaic was transmitted from apple to apple. First symptoms here were observed on April 10, 1935.

With buds and grafts from the peach varieties "Elberta" and "Hale" showing yellow mosaic in Tchervena Voda the following infections were made:

On May 17, 1934, buds were transmitted to 4 greengage two years old trees. When inspected on July 23 of the same year two of the trees showed star-like mosaic on the leaves and sprouts, one showed polygonal, mosaic scattered chlorotic spots, and the last did not show anything just like the rest of the uninfected greengage trees in the orchard.

On June 5, 1934, only one bud was transmitted to a peach tree. When inspected on May 26, 1935, it was found that the bud had developed and given several leaves which were mottled. The same mottling was found on single leaves on the stem above and below the transmitted bud. On September 2, 1935 a slight chlorosis was observed on the leaves of the whole tree. Only the leaves of some of the lowest situated sprouts showed mottling but in lighter green, polygonal, medium big spots.

On May 17, 1934 two buds were transmitted to a wild pear tree. On July 3, 1935, fine, polygonal, yellowish spots were found, scattered over single leaves on the lowest branches of the tree.

On the same date buds were transmitted to two wild apple trees also. On August 30, 1934 polygonal, lighter green, fine to medium big spots were found.

On June 6, 1934 buds were transmitted to three other wild apple trees. On April 12, 1935 a pronounced mottling in numerous fine to medium big, polygonal, mosaic scattered spots were observed only on one of the striplings.

Two buds from mosaic nectarines in Obrastzov Tchiflik were transmitted to a two years old greengage on April 25, 1934. On August 17, 1934 on single leaves of the infected sprouts were found single, lighter green, polygonal, medium big spots.

In order to determine the nature of the chlorosis on peaches, on June 19, 1934 were budded two wild apple trees with 3 and 4 buds respectively, taken from a peach in the Municipal nursery Russe, showing

chlorosis. When inspected on October 2, 1934 a mottling was visible also in reflected light, but was best seen in passing light.

On August 12, 1935 four peach trees were budded with two buds each from a peach infected with chlorosis (in the State nursery Plovdiv). When inspected on September 1, 1936, on a part of the leaves nearest the stems was found pronounced mosaic mottling in fine and medium big, polygonal spots, while all the other leaves showed a medium chlorosis with a slightly reddish shade and the veins on the back side of the leaves began to turn red, beginning from the periphery of the leaves.

On the above date a greengage was also budded with two buds from a chlorotic peach (from Plovdiv). When inspected on June 4, 1936, it was found that one of the buds had developed, but its leaves and the leaves of the greengage proved healthy. When inspected on September 1, 1936, the peach leaves showed weak to medium chlorosis.

From the so far reported observations and experiments, it is seen, that the virus infection of the peaches may be one of the reasons which induce the appearance of chlorosis or at least make this species more susceptible to physiological disorders, which lead to chlorosis or freezing.

Cherry (Prunus avium). On single leaves of the variety "Große Prinzessinkirsche" in the nursery of Obrastzov Tchiflik in May, 1934 were found yellow green, comparatively big, irregular, polygonal spots, uniting in such a way that they formed irregular bands occupying a part of the leaf periphery and spreading among the main veins. Some of these bands united and also caused a deformity of the leaf expressed in a slight or severe corrugation of the latter. The spots were visible in reflected light on both sides of the leaves. In the same year a cherry tree was found in the Russe nursery, a part of which leaves showed mosaic mottling, while the others were chlorotic.

Single leaves of a cherry tree from the variety "Frühe Französische" (State nursery, Panagurishte, 1935) showed polygonal, medium big, pale green spots. The fruit symptoms could not be observed because the fruits were already harvested.

The variety "Portuguese cherry" (State nursery, Plovdiv, 1935) showed chlorotic, polygonal spots, spreading slightly along the veins and a slight deformity of the outlines of the leaves.

In the State nursery near Elena (June, 1936) the leaves of the variety "Early of Lom" showed single complexes of medium big, polygonal spots, some of which were yellow to lemon yellow and others even scorched. On June 27, 1936 two mahalebs were budded with buds from that tree. When inspected on June 3, 1937 the leaves showed pronounced mosaic, fine polygonal, lighter green spots.

Apricot (Prunus armeniaca). Mosaic mottling was found on single one year old apricot seedlings in the State nursery near Sevlievo (1933)

and in Russe (1934). Their leaves showed dot-like, fine to medium big (0.5—1 mm) polygonal to indistinctly rounded spots or small indistinct rings, crenate in their peripheries, pale green, yellow green to green yellowish, especially well visible in passing light, and also in reflected light on the face side of the leaves. They appear scattered all over the leaves or in irregular groups and cause the deformity of the developing leaves. Some of these spots scorch in the middle, which gives them a brownish shade. On the leaves of the budded apricots in Russe were found single, medium big to big, irregular, polygonal, lighter green spots, especially well visible when looked upon in passing light, in the shade. These spots appear singly or in groups on the leaves, only in a limited number. The leaves developing in the spring have a comparatively normal size and shape, while those, developing later on, after the disease is apparent, are smaller and they show a yellow green mottling. In some cases these spots are chlorotic and the older leaves have a yellow shade, compared with the leaves of healthy trees. This form was found also in the budded trees in the Sevlievo nursery (1933) and also on the seedlings and budded trees in the Tchervena Voda nursery (1934).

With buds and coarse juice from a mosaic apricot (from Russe) were infected 1 apricot and 1 peach tree resp. on June 6 and 15, 1934. When inspected on July 3, 1935 the apricot leaves showed single, medium big to comparatively big, polygonal, lighter green spots with a very slight yellow tint. The leaves seemed harder, slightly curled upwards along the main vein and most of them were slightly corrugated because of its shortening. Some of the leaves were unsymmetrically developed and looked more pointed. The diseased leaves crackled and broke when squeezed. When the peach tree was inspected on July 6, 1935, yellow green to chlorotic, indefinitely polygonal, medium big spots were found only on the leaves of the lowest situated bough. The leaves of all the other sprouts were healthy. When inspected on August 2, 1935, all the leaves, with the exception of the youngest ones growing near the tops, were mottled with fine to medium big, polygonal to irregular polygonal, very numerous, yellow green spots.

Almond (Prunus communis). When the two years almond trees (wild) in the Russe Municipal nursery were inspected on May, 1934, single trees were found showing a yellowish shade of the leaves and a withering of the tops of the former year's sprouts. The leaves of these trees showed fine to medium big, polygonal (1—2—3 square mm) pale green spots, scattered all over the leaf, many of them were scorching. Some of the leaves showed a change in their outline, caused by the mottling. Further inspection of these trees showed that the mottled leaves dropped off in a comparatively short time. It was also noticed that the leaves which develop during the warmer summer days remain unspotted until the

autumn when they suddenly get sprinkled with numerous, mosaic scattered, polygonal, light green to lemon yellow spots, which have an olive yellow shade on the reverse side. About that time the leaves begin to fall off prematurely and abundantly.

When the fruitbearing trees from which the stones were taken to grow the above seedlings in the nursery were inspected, no spots were found on their leaves in the spring. One of the trees had given sprouts the leaves of which were mottled. That tree had very few fruits, some of which showed a slight bumpiness. Toward the end of the summer the leaves of these trees were mottled also and most of them fell off prematurely.

Mosaic of almond trees was found later in the State nursery in Lom (1935). While the plot of wild almonds showed no mottling whatever, in the set of trees which had been budded the previous year with buds from an infected almond tree, almost all trees showed mosaic, though a very small number of the transmitted buds had grown and developed.

As it was stated above, the almond sprouts of the grafted peach trees in the nursery of Tchervena Voda (1934) showed fine to star-like mosaic mottling. On one year old seedlings, taken from the State nursery in Plovdiv in the winter of 1935, were observed the next year very fine, colorless to yellow green, polygonal to indistinct star-like spots, scattered or in groups, and in most cases causing a deformity of the leaves.

Buds from the two years old wild almond trees in Russe were grafted on June 6, 1934 on an almond tree. When inspected on July 6, 1935, the described mosaic mottling was found.

Buds from same source were budded on two wild apple trees on June 4, 1934. When inspected on August 15, 1934, single leaves of one of the trees showed very plain, lighter green, polygonal, medium big (about 2—3 mm) spots.

On June 3, 1934, buds were transmitted and coarse leaf juice was placed under the bark of a pear shoot. When inspected on September 27, 1934, one half of its leaves had turned yellow, but were holding fast, while the leaves of all the rest of the healthy pear trees were entirely normal. When inspected on July 3, 1935, the leaves of the lowest situated boughs showed polygonal, lighter green, fine to medium big spots, scattered all over the leaf area.

On June 15, 1934 buds were transmitted and coarse juice was placed under the bark of an apricot shoot. When inspected on September 13, 1934, the leaves of the apricot showed indistinct, polygonal, chlorotic, medium big spots.

On June 19, 1934, 4 buds were transmitted and coarse leaf juice was placed under the bark of a wild apple tree. When inspected on August 15, 1934, on the leaves which had developed immediately after the budding,

were found very fine (about $\frac{1}{2}$ mm) square, chlorotic spots, definitely outlined and visible also in reflected light on the upper side of the leaves. Many of the spots united and formed irregular polygonal spots. Under and above the spotted leaves on the same sprouts there were no other symptoms.

Two peach trees were budded on May 29, 1935 with buds from mosaic almond trees from Russe. When inspected on September 1, 1936 a very pronounced mosaic mottling was found in fine mosaic on the peach leaves.

Buds from the mosaic mottled almond trees in the State nursery in Lom were transmitted on 3 two years old greengages on July 23, 1936. When inspected on August 16, 1937 one of these greengages showed polygonal, fine mosaic scattered spots on the first developed leaves.

Sour cherry (Prunus cerasus). Mosaic mottling was found for the first time in the Russe and Nicopol nurseries and in a private nursery near the village Kulevtcha (Shoumen district) on a "*Vishnab*" (*Prunus cerasifera* \times *Pr. avium*) tree. The latter was taken from the Agricultural High School in Pleven, which leads to the conclusion that the disease is apparent not only there, but is scattered also elsewhere.

The leaves of the sour cherry shoots in the Russe Municipal nursery showed scattered, pale green, polygonal to indistinctly polygonal spots. These spots were also seen in reflected light on the face side of the leaf, and also when looked upon in passing light. The leaves of the mahaleb stocks of these shoots showed the same mosaic mottling.

The "*Vishnab*" leaves were distinctly variegated with polygonal, medium big, pale green spots, some of which united into bigger irregular polygons. These spots were visible also in reflected light on both sides of the leaves. Similar variegations, but with not so distinctly outlined spots were found on the sour cherry variety "*Queen Hortenzia*" in the Nicopol State nursery (1933).

Mosaic mottling in single to several, medium big to big, polygonal spots and bands on single leaves was also observed in a private orchard near Sofia (1935—1937). This mottling was observed only in the spring, after the development of the leaves and was transitory.

The trees infected with mosaic very often show a slight to severe chlorosis, which begins from the tops and edges of the leaves and goes to their middle. The infected trees are sensitive to climate and soil conditions.

From the mosaic sour cherries in Russe buds were transmitted and coarse juice was placed under the bark of a wild apple and a sour cherry on June 6, 1934. When inspected on August 16, 1934, deformity of the leaves, which had developed after the transmission was found on the apple. The sour cherry tree showed single, irregular, distinctly polygonal, medium big stripe-like mottlings.

Buds and coarse juice of the same source were transmitted to a peach and an apricot tree on June 15, 1934. On the apricot tree on September 15, 1934 an extensive mottling of the leaves was found, which had developed after the transmission. These leaves were not only scattered with indistinct polygonal, chlorotic scorching in the middle spots, but also showed a deformation. When the peach tree was inspected on August 2, 1935, single leaves were found showing medium big, not very distinctly outlined yellow green polygonal spots.

Greengage (Prunus cerasifera). Mosaic mottling of the greengage leaves was found in 1933 in the Elena and Obrastzov Tchiflik nurseries. Later it was found in many other places of the country. Scattered over the area of the leaves, fine to medium big (1—3—4 sq. mm), polygonal, pale green to yellow green spots are formed, some of which unite. It is characteristic, that no mottling of the sprouts is observed. The budding transmission from such a greengage to an one year old cherry on July 12, 1933 resulted in mosaic mottling in very fine, polygonal, lighter green spots on May 10, 1934. On the first date a budding was made also on a healthy two years old apple stripling. When inspected on May 6, 1934 the leaves of that tree showed a slight narrowing and corrugation, together with a not very pronounced mosaic mottling, which later on appeared in distinctly seen polygonal, lighter green spots, especially on the leaves of the more vigorously developing sprouts.

In 1935 in a private orchard near Sofia were found 2 fruitbearing trees, the leaves of which showed only a slight chlorosis and the fruits showed a typical water core. The fruits fell off abundantly. One tree showed numerous medium big, angular, red-brown cork-like scabs on the surface, gathered in most cases in bigger complexes. After cutting off the branches of the last tree, it developed sprouts the leaves of which showed distinctly shaped, lighter green, polygonal, comparatively fine (1—2—3 sq. mm) indefinitely and definitely outlined spots. There was no mottling on the sprouts.

In the State nursery near Lom (1936) a mosaic mottling was found on the greengage in fine to medium big, polygonal, sharply outlined, almost green yellow spots, scattered all over the leaves. Buds from such a tree were transmitted to 5 two years old greengages on July 23, 1936. When inspected on June 3, 1937, three of the greengages showed mosaic mottlings in fine, polygonal, lighter green spots, thicker towards the periphery, where they unite and give a chlorotic appearance of the leaves. That was found on the leaves of the support and also on the leaves developed from the transmitted buds, in the cases when these buds had developed.

With the so far described mosaic mottling, no mottling of the sprouts is observed and also the leaves usually retain their normal shape, with

very few exceptions. Stones from a greengage tree from Russe were planted in 1935. During the following two years the leaves of only one seedling showed a slight mottling in polygonal, lighter green spots, which caused a great deformity, expressed in narrowing and cutting in of the leaves and the lack of crenates at these places. No mottling of the summer sprouts was observed.

In most of the nurseries in the country from 1930 a fine mosaic mottling was observed, developing also as a transparency of the veins in short stripes, or forming fine, star-like spots, in which case they are well visible in reflected light on the face side of the leaves. The disease appears to be more pronounced on the leaves of the new sprouts in the spring. These leaves remain smaller, usually $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$ of their normal size and are sprinkled with numerous dot-like to fine polygonal, lighter green, even almost colorless spots, some of which unite in bigger spots or very small rings, which spread along the secondary veins for short intervals and look slightly indented in star-like, amoeba like or irregular complexes and bows. The leaves in the bases of the sprouts and also these formed after the warmer weather begins, have a normal size and shape. They are not mottled or are very slightly mottled in fine, almost square, polygonal, lighter green to almost colorless spots and dashes. The spots on the severely mottled leaves cause not only a slight wavy shrivelling of the leaf, but also affect its size, shape and outline, causing deep cuttings in it, lack of crenates on the edges, scorching of the tissues of the spots, and even tearing. In some cases that variegation causes curling of the leaves upwards along the main vein, and a downward turning of the tips of the leaves. On the sprouts of the infected trees this variety of mosaic forms elliptic circular, lighter green to red brown, even to very slightly depressed, dry spots, well visible also on the darker colored side of the sprouts.

When the development of the disease was examined in the nurseries, it was found that it appears in the seedling nursery beds and extends greatly in a short time. For instance: until the middle of June, 1934, the disease was found only on single seedlings in Tchervena Voda nursery which was in Obrastzov Tchiflik, toward the middle of August the leaves of all the seedlings were mottled. Since there were neither plant lice nor other insects, the fact is explainable through the transmission of the infection by the seeds to single trees, from which it has been carried over by water (the seedling beds were irrigated). It should be noticed, that these seedling beds were in the vegetable garden of the farm and that the same place was used the previous year for peppers and tomatoes, which showed mosaic. As to whether the virus of the latter could be preserved in the soil and was able to pass on the greengage, no experiments were made.

The fact is of interest, that most of the trees showing star-like mosaic and mottling of the sprouts continue to develop very late, until their leaves begin to fall off because of the colds. For instance: in the middle of November 1937 a great number of the trees continued to form new sprouts and had entirely fresh and green leaves, while the leaves of the healthy trees from the same origin, because of some slight frosts until that time had remained with single, almost yellow leaves or fully leafless. This fact also affirms my assertion, that the more sensitive kinds as peach, apricot and some plum varieties, when transmitted to virus infected stocks, are sensitive to colds, water and soil composition. On the other hand, the way of mottling and the deformity of the buds opening in the spring and the curling of the leaves in dry weather correspond to the description of Kinman (39) of the unproductive cherry trees which he observed in California, although he insists that it was a case of variegation. The same authority reports, that the cherry trees blossomed like the normal ones, but that most of the fruits fell off or only a small number of them remained until the ripening. The same case is also observed on the plum in North Bulgaria, where the star mosaic is very extensive and the population is under the impression that the trees taken from the nurseries (which are always transmitted on greengages) not always bear fruit, or the fruits are small. This condition will be the subject of a detailed investigation.

In the beginning I was inclined to admit that the described star-like mosaic was mainly caused by parasitism of the leaves and sprouts from the plant lice, or that it is a result of the action of some sucking insects. The careful investigation for the appearance of the disease in Russe and Obrastzov Tchiflik in 1933 and 1934 shows that this mottling appears before there are plant lice or other insects on the trees. The transmission of the disease by healthy grafts, which was observed in many nurseries, was also a prove of the virus nature of these symptoms.

On July 11, 1936 buds from a greengage, whose leaves showed lemon colored star-like mosaic (from the village Batoshevo, Sevlievo county) were budded on 3 healthy greengage trees. When inspected on July 9, 1937, the leaves in the bases of the lowest sprouts showed star-like, yellow mosaic scattered spots, gathered in larger complexes in arches, small rings or folded closed bands. The leaves near the tops of the main sprouts and some of the other sprouts showed numerous, mosaic scattered, yellowish, indistinctly starlike spots, some of which form indistinct star like circles and little rings. After cutting off most of the sprouts, some of the leaves of the newly developed sprouts were severely corrugated because of the shortening of their veins.

On August 14, 1936, 3 greengages were budded with buds from a greengage the leaves of which showed light green mosaic spots (from the

village Alexandrovo, Lovetch county, North Bulgaria). When inspected on July 9, 1937, no symptoms were found, though in one of the trees 2 buds had developed, in the second — one bud, and in the third no buds had developed, but the rest of the transmitted buds had grown together with the stock. A second inspection on August 12, 1937 showed severe mottling on all three trees. The leaves showed fine, polygonal, lighter green spots, some of which united and formed indented circles or very fine rings. Some of the latest formed leaves were corrugated because of the shortening of the veins. The sprouts also showed oblong, elliptic spots. No plant lice or even traces of such were apparent.

In the seedling beds of the State nursery near Tchervena Voda were found on July 12, 1933 single trees the leaves of which showed yellow green coloring of their tops and edges. Only the middle of the leaf around the main vein retained its normal green color in the beginning, forming an irregular polygon, surrounded by the secondary veins (s. fig. 73a). A transmission was made immediately on two healthy greengage trees, but a negative result was obtained. Single trees with the described symptoms were found later in the seedling beds of other nurseries in the country. Later, on July 22, 1936, in the State nursery Lom, single greengage trees were found showing chlorosis all over the peripheries, together with a slight, dot-like scorch (s. f. 71). In this case the yellow color ran into the normally colored tissues for short distances, sometimes spreading more or less among the main veins. Only very rarely definite polygonal complexes or outlines were observed. Since this peripheral chlorosis resembled in color the mosaic mottling, which was found in the same set of trees, it was admitted, that they both represent forms of the same disease. In spite of that, grafts were taken, which I transmitted on two years old greengage trees, with one or two buds, on July 9, 1936. When inspected on June 3, 1937 it was observed that the transmitted buds had developed, but there were no symptoms on the leaves either of the support or of the grafts. Later, on July 9, 1937 peripheral chlorosis was found on the lowest leaves of four trees, three of which showed the same symptoms on the lowest leaves of the sprouts, developed from the transmitted buds. Later, the disease developed in such a manner that it attacked the leaves up to $\frac{2}{3}$ of the length of the sprouts, while the rest of the leaves had a general slight chlorotic appearance. No mosaic mottling of the leaves of the supports or of the grafts was found.

In the case of four fruitbearing greengage varieties "Red Afuska" and "Yellow Afuska" (State nursery Tchervena Voda, 1933) the following symptoms were observed: distinctly polygonal, comparatively fine mosaic, green yellow to yellow-brown spots, some of which so combine, that they cover a considerable part of the leaf, leaving the green parts scattered like small polygonal islands. The leaves of the infected trees fall off com-

paratively early, in the months of June and July. In one part of them a coloring of the veins and the tissues along them is observed. Such coloring was found also in the transplanted trees by graft transmission from the fruitbearing ones. In this case the thicker net of veins had red-yellow to yellow-brown color. A part of the leaf tissue along these veins is also colored brown-yellow and seems composed of numerous polygonal spots. In this way, among the colored tissues, irregular polygonal complexes with normal green tissue of the leaf remain. These symptoms are seen both in reflected and passing light. The green part of the leaf gradually decreases and the leaves begin to fall off in June. Only the youngest, still developing leaves on the tops of the summer sprouts are normally green and apparently free from the disease. In 1935, in the nursery and also on 4 fruitbearing trees ("Afuska", "Yellow Afuska" and "Red Afuska") in the State nursery in Pavlovo near Sofia, the disease appeared as a weak chlorosis, which increased with the coming of summer until the premature falling off of the leaves began. The infected trees, though blossoming abundantly, bear more or less fruit, which usually falls off prematurely. No symptoms are found either on the early falling fruits, or on the few that remain.

On June 8, 1933, two buds (taken from an infected "Afuska" in the State nursery near Tchervena Voda) were transmitted to a healthy greengage tree in the Phytopathological Garden in Obrastzov Tchiflik. When examined on June 14, 1934, a mosaic mottling of the leaves was observed, in polygonal, lighter green spots, which caused even a deformation of some leaves.

On June 2, 1934, buds from an infected Afuska were transmitted to a cherry tree. When inspected on August 2, 1935, medium big, yellow green, polygonal spots were found, in most cases gathered in complexes, on single leaves.

On June 4, 1934 buds from the same infected tree were transmitted to 2 two years old wild pear trees. The inspection on July 3, 1935 showed on the one only mosaic mottling, in polygonal, lighter green spots, single or gathered in complexes, some of which resembled the ring spots.

Mahaleb (Prunus mahaleb). A mosaic mottling was found on mahalebs in 1933 in a great many nurseries in North Bulgaria, and later in some nurseries in South Bulgaria. It appears in numerous, fine, about 0.5—1—1.5 mm in diameter, polygonal, distinctly or indistinctly outlined and spreading out, pale green to yellow green spots, some of which later on scorch in the middle. These spots are scattered or unite and form irregular complexes or even cover the veins for short distances. When these spots appear while the leaves are still growing, they spread and cover a considerable part of the veins, which seem disorientated and also the

tissues among them and the leaves look lighter, even colorless. In such cases the growing leaves are often deformed and sometimes torn.

In the seedling beds usually single trees are found the leaves of which show the symptoms of the described mosaic mottling.

An interesting fact was observed in the seedling beds of the State nursery in Tchervena Voda. While in 1933 single infected trees were found scattered among a great number of healthy ones, in 1934 around each one of the former there was a circle of diseased trees, showing the same symptoms. This case showing that the infection may be transmitted by the roots or by the fallen leaves needs to be explained by experiments.

Toward the end of the summer of 1933 in Russe Municipal nursery a set of 1000 three years old cherry trees was discovered, the leaves of which showed a variegation resembling the so called "Rigi Krankheit" (45). When the mahaleb sprouts of these trees were examined on June 13, 1934, it was found that their leaves were scattered with numerous, fine (about 0.5—1 mm) polygonal, green-yellow spots, situated along or among the veins or covering the latter, which in the last case look lighter. These spots were scattered all over the leaf, here and there uniting and causing a slight change of narrowing or shortening, but on single leaves only.

On single trees in the State nursery Pavlovo near Sofia, in 1935 mosaic mottling was found however, in comparatively big (4—6 mm in diameter) polygonal, lighter green spots, situated among the veins.

Star like mosaic mottling of the mahalebs was found in 1933 in the Russe County nursery. Here also as on the greengage were observed fine 1—2—3 sq. mm, chlorotic, yellow greenish to lemon yellow circles or indistinct little rings, which looked indented in the periphery. These spots are visible in reflected light on the face side of the leaf and fainter on the reverse side, but best in passing light. Later, on October 21, 1936, a similar mottling was found in the State nursery near Smoljan (South Bulgaria).

Sloe (Prunus spinosa). Mosaic mottling of the sloe was observed for the first time in Obrastzov Tchiflik in 1934. In reflected light, on the face side of the leaves are seen numerous, green yellowish, fine (to 2 mm in diameter) indistinctly angular to rounded spots, which seem slightly indented in the periphery and by that fully resemble the star-like mosaic of the greengage and mahaleb. The same spots are visible, in a weaker degree, on the reverse side of the leaves, but are best seen when looked upon in passing light. In the last case on the leaves are also observed other, finer, polygonal, mostly square, not very distinctly outlined, lighter green to colorless spots. Here also some of the sprouts show elliptic, rounded spots on their darker colored side, which are colored, and later—brown, the same as was observed in the greengage and some plum varieties.

Results from the Own Observations and Experiments.

Referring to the descriptions of the observed mosaic mottlings on the different kinds, it is apparent, that with the exception of the sloe, all the others showed more than one type of symptoms. After excluding the peripheral chlorosis of the greengage, which, notwithstanding the positive results obtained by artificial infections, need further investigations, the other symptoms in general may be included in two groups: usual or polygonal mosaic and star-like mosaic, which however do not seem entirely homogenous, since it was noticed that the size and color of the spots appear typical and are transmitted in many cases. For this reason, until their complete investigation, the differentiation is difficult. That is why here they are not defined and described as separate diseases as was done with the poxes, but are treated as a group of such.

While the experiments to transmit the poxes on the pomaceous genus gave no results so far, most of the artificial infections of pomaceous kinds (apple and pear) with the mosaic from the drupaceous kinds gave positive results. However, the experiments for transmission of the poxes require further studies, since there were found though only single apple trees, single leaves of which showed typical broad ring-like variegations. Besides Valleau's report (59) of the variegation which he found on apple seems to refer to narrow-striped variegation, if the photograph which he gives is considered. This being the condition, considering the symptoms observed on the leaves of the drupaceous and pomaceous genus, they may be, in general, determined as stripe or ringspot variegation, mosaic and chlorosis in both genus. The symptoms on the fruits are also similar: early falling off, even sterility are present both in drupaceous and pomaceous genus; depressions and necrosis in the flesh is also observed, as bitter pit in the pomaceous and as pox and gumminess in the drupaceous; the water core and internal break-down of the pomaceous kinds (apples, pears and quinces) seems identical with the transparency and gumminess of some pomaceous kinds. This similarity of the symptoms suggests the possible existance of several common viruses on these plants, which cause, or at least are the reasons for the described changes. Some other facts point to the possibility of broadening the circle of hosts for these viruses. For instance: while the virus of the nut and fig mosaic could not be transmitted to drupaceous and pomaceous fruit trees, the virus of the currant mosaic (appearing as medium big, polygonal, lighter green spots, mosaic scattered on the leaves, without causing changes of their shape) gave a distinct mosaic on the leaves of 1 of the 3 pear trees to which buds were transmitted from the mentioned kind. Also, when the virus of wild rose (*Rosa gallica*, which shows: distinct and indistinct chlorotic spots on the leaves, with a slight diminishing of the latter and also a decrease and deformity of the blossoms)

was transmitted to greengage, lemon yellow to chlorotic indistinctly outlined spots and big rings were obtained; when transmitted to peach — big striped variegation appeared, and when transmitted to wild rose (*Rosa* sp.) distinct mosaic appeared on the youngest leaves, indistinctly outlined chlorotic spots on the older leaves and deformity of the blossoms.

Hidden and Temporary Hidden Agents of the Disease.

When the mosaic diseases on the different kinds were described, it was mentioned in many places that the symptoms of the disease are temporary. Most frequently the mottlings appear early in spring and disappear during the summer, or are disguised by chlorosis. The different kinds and varieties show most different deviations. On the other hand, mosaic mottling on the leaves does not appear in some varieties. For example, in an orchard, two trees from the variety "Queen Victoria" for some years show only lenticular gumminess of the fruits in the flesh near the tip of the stone, together with diminishing the size of the fruits, bumpiness and toughness, insipidity and tastelessness of the flesh. On the leaves of these trees no mottling was found so far. When budded with buds from Kustendil plum, no mottling was found on the leaves of the latter during the present (1937) year. The presence of lenticular gumminess and small single dimples on the surface of the fruit above the internal gumminess in the plum variety "Queen Victoria" was observed in 1932 in a private farm near Sofia. Then and there buds were transmitted to a healthy tree of the same variety on the fruits of which I have had the chance to observe the same lenticular gumminess during the last years.

Mosaic mottling of the Kustendil plum has been observed so far only on young trees in the nurseries. The fruitbearing trees show no leaf symptoms. An experiment, for instance, for budding greengages from an apparently healthy Kustendil plum showed about 100 % star-like mosaic on the greengages.

Mosaic mottling was obtained by budding from an apparently healthy Japanese plum (*Prunus salicina*) together with narrow striped variegation. This shows that the mentioned variety is a hidden agent of the virus. The leaves of the fruitbearing trees of that variety turn yellow and show a slight curling, and the fruits fall off abundantly, which can all be very positively attributed to the virus which causes mosaic of the other varieties.

As it was already stated, the mosaic mottling of the fruitbearing greengage trees is either hidden or disguised by a slight chlorosis. Stones were taken from such trees and the obtained seedlings showed star mosaic even during their first year.

Period of the Manifestation of the Disease.

When the separate mosaic diseases were described, it was stated, that the symptoms of some of them appear in spring and become indistinct or entirely disappear during the summer, or are disguised by a slight or pronounced chlorosis. Nevertheless with some of this kinds, the symptoms of the disease remain during the whole vegetation period after their manifestation. Such is the case of the star-like mosaic.

In 1934 the peach mosaic in Russe appeared about the end of May, when the almond symptoms were pronounced and disappeared after a rainfall, only to reappear later on. The mosaic of the greengage variety "Afuska" was also pronounced by that time. It is important to note, that the infections made in the spring showed symptoms during the same vegetation period, while the ones made in the summer or autumn displayed themselves in the next spring, usually after the development of the leaves. The infections made in July and August showed an incubation period of 12 months, as in the case of the common mosaic, the star-like mosaic and the peripheral chlorosis. The variation of the incubation period is seen in the descriptions of the transmissions made in each of the different kinds.

Transmission of the Disease.

All described mosaic forms are transmissible by budding or grafting on healthy trees. The experiments to transmit the viruses by unpure juice (leaves crushed in a hash and inserted under the bark by also cutting the core) gave not only successful infections, but also a short incubation period. For example, while in budding the incubation period varies from 11—12 months, when coarse juice was used it was 2—4 months, even shorter in some experiments depending on the place of inoculation. As it was already mentioned, it seems that the time when the budding was made and also the place of the inoculation have an influence.

The numerous observations give us the impression, that the star-like mosaic is transmitted by the seeds. The fact that it is apparent in the seedling beds of apricots, mahalebs, greengages and almonds helps to confirm it. About the end of spring and the beginning of summer a larger or smaller part of the obtained seedlings shows the symptoms of the disease. Seedlings obtained from stones of greengage trees infected with the mosaic show symptoms from several to 90 %. These seedlings were marked during the first year. The next year it was observed that all of them showed the same symptoms. This experiment made with stones from 56 trees from Russe, Obrastzov Tchiflik, Tchervena Voda, Sofia and Kustendil proved that a great number of the greengage trees are infected with star-like mosaic.

In order to state whether the mosaic is transmitted by the leaves fallen in autumn, such leaves were taken from the plum variety "Graf Althans Reneklaude" and put around 4 greengage trees in Obrastzov Tchiflik in 1933. The next year and also in 1935, though the leaves had decayed, no symptoms on the greengage leaves were observed.

When stones from Kustendil plum infected with pox were planted, this disease did not appear, but single seedlings showed star-like mosaic. This fact suggests that the watery spots observed in some pox infected trees may be due to the infection of the same trees with mosaic also.

The development of the disease in a circle around the infected trees of some kinds was already mentioned. It is very probable that the infection takes place through the roots. But how and in which way that happens, if this is really the case, requires an experimental explanation.

Survey of Literature.

A considerable number of reports on various mosaic mottlings observed on the kinds of the *Prunus* genus are met so far in the phytopathological literature. Generally and roughly considered, two groups stand out: mosaic mottlings which either do not cause or produce only a slight deformity of the leaves and are not accompanied by a mottling of the sprouts, and on the other hand, mottlings causing deformity of the leaves and mottling of the sprouts. They will be considered here in this way, chronologically, according to the first reports of the respective authors.

In the Review of Applied Mycology (1) was found the following short summary of an anonymous report, published in Journ. Dept. of Agric. South Africa, in 1923: "Chlorosis in fruit trees is becoming more and more widespread in South Africa, and while in some cases purely cultural remedies have been effective, in others no treatment tried has had successful results. The trouble has been reported from several districts in Cape Colony, while in the Transvaal many apricot, plums, pear and apples have been affected, the latter trees in the characteristic variegated manner".

Later, in 1926, Smolak (55) describes the mosaic mottling of the "Mirabelle" in Tchechoslavia. Still later, in 1930 in the same country Blattný (17) reports that he had observed coloring of the veins in *Prunus insititia*, accompanied by fruitlessness, small leaves and weaker development of the affected trees, — which was observed in our greengage variety "Afuska".

The disease "Crinkle" of the cherry, as described by Philip (2, 46) from California resembles to a certain degree our star-like mosaic.

The injuries on cherries in California, which Rawlins and Horne (47, 48) call "Buckskin" by the mottling of the leaves resemble the mosaic of some kinds of the *Prunus* genus. Moreover, similar symptoms

are observed also in our pomaceous kinds. In this case the appearance of the mottling resembles greatly the symptoms which appear after some chemical combinations have been injected into the plum trees.

The investigations of Rawlins and Parker (49) are of interest, showing that the incubation period is 6 months (from March to September) and also that the cherries, transmitted to mahalebs are more resistant to the disease, giving chlorosis and only a few fruit symptoms. This fact corresponds entirely with the observations on our infected cherry trees.

The peach mosaic is mentioned for the first time in a short report on Peach yellow by Stout (57) in 1930.

Baudiš (16) in 1931 reports on yellow mosaic on plum, apricot and especially on peach, in which case it is accompanied by paleness of the whole leaf, earlier falling off of the leaves and premature withering of the sprouts. According to him the disease quickly became extensive and was especially dangerous for the most delicate peach varieties, which proved very susceptible to it. By the color of the mottling, the disease reported by Baudiš resembles the yellow mosaic which we have observed on the varieties "Elberta" and "Hale".

On virus diseases of drupaceous fruit trees in Bulgaria, excluding the short reports, the papers prepared for print but not published and a popular circular by the author (25—29) we have the work of Prof. Atanasoff. While, however, in his first work (10) in 1932, describing the plum pox, he gives the following explanation under fig. 6: "Leaf of Dolan plum with mosaic symptoms — a virus disease, very frequently met on Dolan plum and Italian Ketchovka, but very rare on Kustendil plum, it does not injure the fruits", in the later publications (11, 12, 13) he unites all in one disease and explains the difference in the symptoms by the difference in the kinds and varieties, though in his last work (12, 13) he reports that by transmitting mosaic from an unknown plum variety, he obtained mosaic on the Kustendil plum.

In 1932 mosaic mottling on peach was observed by Hutchins (35, 36) in Texas, U.S.A. Further investigations made by Hutchins, Bodine and Thornberry (8, 19, 20, 37) in Texas, Colorado and California (U.S.A.) show that this disease appears as yellow mosaic on the leaves, accompanied by a transparency of the veins in short blotches, spreading of the spots in some cases, tuft-like development of the sprouts towards the terminal buds and bumpiness of the fruits, which appear in different degrees in the different varieties, and some of them show mottling and deformity of the blossoms, and all show a delay of the development of the leaves in spring. According to them, the incubation period varies depending on the time when the transmission is made. The trees infected in the spring gave symptoms during the same vegetative period. They

report that the cause of the disease is not transmitted by the water for irrigation, the instruments with which the cutting is done, or by any other mechanic contact, or with the pollen, the seeds or other soil agents. Some facts, however, from their last publication (37) as the different mottling on a definite variety, which they explain by geographic situation, and also the mottling of the fruits present a suspicion that they deal with more than one virus.

In 1937 Bodine (21) reported, that the experiments showed some plum varieties to be hidden bearers of the peach mosaic. Transmission from plum to peach gave positive results with an incubation period of 2 months. Only one plum variety showed typical mosaic symptoms.

Cation (24) in 1934 reported, that the disease "Red suture" which he observed on the peach differs from the mosaic on the same, which was found by Hutchins.

In 1934, Zeller (61) reported that as early as 1920 was observed mottling and corrugation of the leaves and considerable withering of cherry trees, scare fruitbearing of small, hard, uneven and ripening late fruits, which he supposed to be due to a virus disease.

The Washington Agr. Exp. Station in 1935 reports (7) that mosaic mottling of cherry trees was observed in the irrigated areas of the state.

In the same year a mosaic mottling is reported to be found and experimentally determined by Connors (31) in Canada.

Mosaic mottling on peach, plum and almond was reported by Reed and Thornberry (50) from California, in 1935, without determining the nature of the disease by transmissions.

During the next (1937) year, Baines (15) from Indiana, reported the observation of plum mosaic which is transmissible to peach. During the same year Eastam (34) reported on mosaic of the cherry varieties Bing, Lambert and Royal Anne, causing deformity, underdevelopment, and insipidity to bitterness of the fruits.

During the same year Miller (43) described a surface injury on plum, under the name "Russet" and "Scab" which he observed on French and Italian plum varieties in the States of Oregon and Washington. Though he explains these surface yellow-brown spots as mechanical reasons I mention this case here, since their description resembles much the cork-like surface spots on the surface of the greengage varieties, when they are infected with virus.

Newton (44) remarks that by the experiments to transmit mosaic on cherry by budding in the autumn, he has obtained results in the next year, while in earlier infection he has noticed 1 month incubation period, pointing, that the first symptoms appeared on the leaves near the tips of the tree. He reports that he had obtained infection by rubbing of infected leaves against the leaves of a healthy tree, in which case the

incubation period has been shorter than 1 month. According to him, transmission of the infection is possible by the shears at the time of pruning. These facts correspond with the results of our experiments (25a) for transmission of some mosaic, which not only show a short incubation period, but also the symptoms appear first on the top leaves. It seems that when the virus invades the xylem the symptoms appear first and in a shorter incubation period on the top leaves.

Kunkel's investigations (40, 41) show very plainly, that the virus of the peach mosaic in America is not transmitted by juice.

Describing the cherry mosaic Reeves (51) remarks, that the injection of the trees with zinc, copper and iron salts has given no results.

Peach mosaic is observed and experimentally defined in Kentucky by Valleau (60).

In 1937, Cochran and Hutchins (30) reported the observation of apricot, almond, plum and greengage mosaic in South California, which when transmitted to peach gave symptoms described in connection with that species.

During the same year a popular circular was published by the author (29) on virus diseases of fruit trees, destined for the Bulgarian orchardists, where a short description of mosaic diseases on the here examined kinds of the *Prunus* genus is given.

The survey of literature made so far refers only to reports on mosaic mottlings on leaves, which have not been influenced, or have shown a very slight deformity of the leaves and no mottling of the sprouts. There is a description of such a disease, being found in 1930 by Rietsema (52) on plum cherry and peach, without experimentally defining its nature. His description of deformity and transparency of the leaves and also of the mottling of the sprouts corresponds entirely to our observations.

One year later, Blattný (18) describes plum (*Prunus domestica*) mosaic which he found to a great extent. He remarks: "...Its great extension shows that it may be one of the reasons for the so called degeneration of plums, which is very much discussed, however, it is not positively stated. What is typical about it is the rounded growth of the young sprouts, withering of the tops of the main sprout and forming of secondary tips, waviness, curliness and the turning of the leaves backwards, yellow spots on the leaves, strictly defined from the normal tissue, covering also the veins, which often are disoriented. The young stems show spots similar to those from shot hole, which dry in the form of scabs in the older sprouts. Most susceptible to the disease seems to be Royal plum, medium susceptible Eislingen, and slightly susceptible — the native

domestic plum. In the orchards it has been proved that the disease is transmitted at the time of pruning". However, he does not report whether he has made experiments to determine the nature of the disease.

In 1936 Thomas and Hildebrand (58) described a similar disease of plum, showing its virus nature by artificial infections. They showed very plainly that the diseased trees blossom abundantly, but very little fruit remains until ripening.

Action of Heat.

In experiments on peach mosaic from Colorado, Kunkel (41) found that temperatures of 35, 42 and 50° C, for a period of limit resistance of the plant tissues, have not proved a killing effect on the virus. Therefore, he treats that disease as different from Peach Yellow, Peach Rosette, Little Peach and Red Suture, the viruses of which perish in a comparatively short time at 33.4—36.3° C.

Geographic Distribution.

From the above survey of literature it is evident, that mosaic diseases of the *Prunus* genus kinds, besides in Bulgaria, are so far observed also in Canada, The United States (California, Texas, Colorado, Utah, New Mexico, Arizona, Oregon, Washington, Indiana and Kentucky), South Africa, Tchechoslovakia and Holland. Typical mosaic was observed by the author on plums, peaches, almonds and figs in Split, Jugoslavia, in the autumn of 1936. It is very probable that these diseases are met also in other countries and the fact that they are not yet discovered is due to lack of investigation moreover that not only the symptoms are temporary in many cases, but are also disguised by chlorosis and by aggressions of the spots by semiparasites and even saprophyte moulds, or in some cases are the object of injuries caused by the sprinklings, sun scorches, freezing and other agents. It is absolutely positive that these diseases have been imported to our country with materials (grafts and trees) from abroad. To affirm that it is enough only to mention that in our nurseries for the present there are over 150 drupaceous varieties, over 130 apple and over 70 pear varieties, in order to see what has been imported during the last 50 years. Of some of these varieties no virus free trees have been found. The same condition has been stated in some of the other countries mentioned.

IV. Symptoms of Infections with more than one Virus.

In 1934 I made several tests in order to show whether the trees infected with mosaic can be infected also with pox later. These experiments failed on account of my transfer from Obrastzov Tchiflik. However,

some observations upon naturally infected trees with two viruses, and also an experiment made in 1936 showed, that in most cases the viruses manifest themselves separately, or as a result of their mutual action scorched spots appear on the leaves. These observations showed, that in cases, where certain varieties are infected with mosaic, the broad striped variegation appears very slowly and weakly. Cases are observed, where certain varieties, for example Green Queen Claudia, develop for years among trees infected with broad striped variegation without catching the disease. When the pox is transmitted, the mosaic becomes more pronounced and causes falling off of the fruits, while the pox appears slowly and weakly on the leaves and during the first years it is difficult to find single fruits only with single dimples. Such cases were observed on the plum varieties: Italian plum, Dollaner Zwetsche, Koshet plum and Petrovka, which show slight scorches on the leaves. When the plum Green Queen Claudia infected with mosaic is later infected with broad striped variegation, the latter develops in yellow-red, purple-red to red-brown scorching spots and the leaves of these trees begin to fall off during the summer (only these leaves fall which show the scorching spots). When star-like mosaic greengages are infected with broad-striped variegation, scorching of the poxy stripes appears on the older leaves and a separate star mosaic appears on the top leaves. Also, in the case of the peach, where the star-like mosaic leads to chlorosis, when infected with usual broad striped variegation or mosaic, appear purple polygonal spots, some of which scorch in the middle and cause the falling off of the necrotic tissues.

Infections with narrow striped variegation and mosaic also give scorching bands. For example, an experiment with 5 greengage trees which were budded with buds from blue plum, infected with narrow striped variegation and in the same time with buds from mosaic Green Queen Claudia, showed on the greengage leaves narrow striped variegation, sprinkled with numerous very fine, polygonal to rounded scorching spots which caused falling off of the tissues and perforation, even tearing of the leaves (s.f. 83). The buds on one of the trees developed and the leaves of their sprouts showed the following symptoms: the oldest leaves of the Kustendil plum showed narrow striped variegation, while all the rest of the higher leaves were healthy until August, when mosaic mottling appeared on the top leaves. The leaves of the Green Queen Claudia were mosaic spotted from the beginning of their development and remained such entirely without showing (during the first year) narrow-striped variegation. The leaves of this greengage support showed neither the mosaic, nor the striped variegation, but only the star-like mosaic with which it was infected before the budding.

V. Uninfectious Panashier.

The panashier as a white to pale yellow mosaic mottling has been so far found on the leaves of the cherry, mahaleb, greengage, plum, peach and sour cherry.

On the cherry this variegation was observed in 1933 on 12 fruitbearing trees from the variety "Early Red" in the Municipal nursery in Russe. One of these trees was taken from Germany and the others were produced from it. With grafts from them about 1,000 mahaleb supports were grafted. The leaves of these cherry trees and shoots showed white, whitish to green white, fine to medium big, polygonal spots, most frequently grouped in multitudes or scattered all over the leaf, in some cases causing deformity of the leaves, which appears in slight to comparatively great change of the outlines of the leaves and their slight curling. The white spots are visible in reflected light on both sides of the leaves, and the pale green ones are seen in passing light. The mottling appears early in spring, together with the development of the leaves. The infected trees had many drying or already dry branches and boughs, caused probably by weakening and freezing of the trees. Their fruits in 1934 were smaller and bitter.

The described variegation, as it seems, is identical with the dusty or spotty variegation on the cherry variety "Rigi" observed in Switzerland (5, 45). The same was described by Atanasoff (12, 13). It is not transmissible by grafting to the supports.

Single mahaleb trees were found showing typical panashier in Obrastzov Tschiflik, Elena (1933), and Smoljan (1936). In this case are observed mosaic scattered, lighter green to green yellow or entirely yellow irregularly polygonal spots, covering the whole leaf, one half or only one part of it. In some cases some of the leaves are entirely yellow, or only one part of them or their whole half, while the other part of the leaf is normal green. In the youngest developing leaves, the symptoms of that variegation are not apparent, but later, while they are growing, it appears, first in paler green, polygonal spots. The external appearance of that variegation resembles greatly the infectious chlorosis of the *Abutilon*. The tests for transmission of that variegation to healthy mahalebs by budding gave no results.

Single leaves of the other kinds showed panashiering like that of the mahaleb, on trees and shoots with normal leaves.

Conclusion.

In November 1937 I had completed the present work and began the preparation of a popular circular destined for the practicing orchardists. By that time Prof. Dr. Atanasoff had kindly loaned me the book by K. M. Smith (54) which he had just received. There the mosaics on the *Prunus* genus are considered as caused by 2 viruses, namely *Prunus virus 5* and *Prunus virus 6*. In examining the descriptions of the diseases of the different species, gathered in the group of *Prunus virus 5*, the great variety of symptoms stands out very plainly, which explains the caution of the author of this book for the possible unhomogeneity of that group. As a disease caused by *Prunus virus 6* he has placed the plum symptoms observed by Thomas and Hildebrand (58).

Though it is very risky to classify the viruses, because of the insufficient investigation of them and of the diseases which they cause, I find it appropriate as *Prunus virus 5* to leave the virus of the peach, described by Hutchins to which can be perscribed for the present also

the diseases of the other species of the *Prunus* genus, which do not show mottling of the sprouts. As *Prunus virus* 6 could be considered those which show besides an intense deformity of the leaves, also mottling of the sprouts, as it is described by Rietsema (52), Blattný (18) and in the present work. The broad striped variegation may be considered as caused by *Prunus virus* 7, and the narrow striped — by *Prunus virus* 7a. Further investigations will be required in order to affirm the homogeneity of the so determined viruses 5 and 6, since, as it was related here in the description of these diseases, varieties of the symptoms exist, which are transmitted by budding. On the other hand, their relation to *Pyrus virus* 2 should be determined, since series of facts already show the possible identity of the causes of some of the diseases of the *Prunus* and *Pyrus* genus kinds.

Literature.

- 1 Anonymous. Departmental Activities: Botany. Journ. Dept. of Agric. South Africa, 6 (2): 114—115, 1923. R. A. M. 2 (8): 353.
- 2 Anonymous. California Agric. Expt. Sta. Ann. Rpt., 1927—28: 97, 1929.
- 3 Anonymous. Report of the California Agric. Exp. St. from July 1, 1928 to June 30, 1929, 1—123, 1930.
- 4 Anonymous. Forty-third annual report of the Kentucky Agr. Exp. Stat. for the year 1930: 21—24, 1931.
- 5 Anonymous. Bericht der Eidgenössischen Versuchsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau in Wädenswil für die Jahre 1929 und 1930. Landw. Jahrb. der Schweiz, 46 (4): 497—592, 1932.
- 6 Anonymous. Forty-fourth Annual Report of the Kentucky Agricultural Experiment Station for the year 1931. — I: 1—66, 1932.
- 7 Anonymous. Forty-fifth Annual Report for the fiscal year ended June 30, 1935. Bull. Wash. St. Agric. Exp. Sta. 325, 1 83, 1935.
- 8 Anonymous. Forty-eighth Annual Report of the Colorado Agricultural Experiment Station for the fiscal year 1934—1935, 1—36, 1935.
- 9 Arnaud, G. et Arnaud, M. Les maladies à virus des Rosacées amygdalées. Compt. Rend. hebdomadaires des séances de l'Académie des Sci. Paris, 202 (10): 869—871, 1936.
- 10 Атанасовъ, Д. Шарка по сливитъ. Едно нова вирусна болестъ. Годишникъ на Софийския университетъ, Агроном. факулт. 11: 49—67, 1932/1933.
- 11 Атанасовъ, Д. Шарка по сливитъ и другитъ костилкови овощни дървета. Болести на културнитъ растения. Унив. Дибл., 137: 124—143, 1934.
- 12 Atanasoff, D. Mosaic disease of drupaceous fruit trees. Годишникъ на Софийския университетъ, Агр. фак., 13: 9 42, 1934/35.
- 13 Atanasoff, D. Mosaic of stone fruits. Phytopathologische Zeitschrift, 8 (3): 259—283, 1935.
- 14 Атанасовъ, Д. Да предотвратимъ едно голѣмо бедствие. Нация и земя. 1 (18): 1—2. 1935.
- 15 Baines, R. C. The status of Peach virus diseases in Indiana Hoosier Hort., 18 (12): 180—182, 1936.
- 16 Baudis, E. Fytopathologicke poznámky VII. Ochrana Rostlin, 11 (6): 178—179, 1931.

- 17 Blattný, C. Posnamky o virových a přibuzných chorobách rostlin I. Ochrana Rostlin 10 (4—5): 130—138, 1930.
- 18 Blattný, C. Virové choroby. Ochrana Rostlin, 11 (3—4): 138, 1931.
- 19 Bodine, E. W. Occurrence of peach mosaic in Colorado. Plant Dis. Rept. 18 (10): 123, 1934.
- 20 Bodine, E. W. Peach mosaic disease in Colorado. Colorado Agric. Exp. St. Bull. 421: 1—11, 1936.
- 21 Bodine, E. W. The Maynard Plum. A Carrier of the Peach Mosaic. Phytopathol. 27 (9): 954, 1937.
- 22 Carne, W. M. Crinkle of Japanese plums. Journ. Dept. Agr. W. Australia, 2 Ser., 3 (2): 175, 1926.
- 23 Cation, D. Three virus diseases of the Peach in Michigan. Michigan Agric. Exper. Stat., Circ. Bull. 146: 1—11, 1932.
- 24 Cation, D. Peach mosaic. Phytopath. 24 (12): 1380—1381, 1934.
- 25 Christoff, Al. Mosaikkrankheit oder Virus-Chlorose bei Äpfeln. Phytopath. Zeitschrift, 7 (6): 521—536, 1934.
- 25a Christoff, Al. Mosaikfleckigkeit, Chlorose und Stippenfleckigkeit bei Äpfeln, Birnen und Quitten. Phytopath. Zeitschrift, 8 (3): 285—296, 1935.
- 26 Христовъ, Ал. Вируснитѣ болести по овощнитѣ дървета въ разсадницитѣ и мѣрки за органичаването имъ. зем. опитн. станц. Образцовъ чифликъ. Фитопат. отдѣлъ, Упжтв. No. 32, 16. 6. 1934. (Непубл.)
- 27 Христовъ, Ал. Предварителни проучвания върху вируснитѣ болести по рода *Prunus* въ България. 1—34, 45 фиг. 1934. (Непубл.)
- 28 Христовъ, Ал. За борбата съ болестта „Шарка“ по сливитѣ. Миръ, 42 (10, 780: 3, 1936. Камбана, 1 (43): 2, 1936.
- 29 Христовъ, Ал. Вируснитѣ болести по овощнитѣ дървета. Служба за защита на растенията. Упжтване No. 29. 1—24, 1937.
- 30 Cochran, L. C. and Hutchins, L. M. Peach Mosaic. Host-Relationships Studies in Southern California. Phytopath., 27 (9): 954, 1937.
- 31 Conners, J. L. Fourteenth Annual Report of the Canadian Plant Disease Survey. VIII, 1—116, 1935
- 32 Dippenaar, B. J. Fruit spots of the Kelsey and other plum varieties. Farming in South Africa, 6 (72): 525—526, 1932.
- 33 Dippenaar, B. J. Studies on „Kelsey spot“ of plums. Farming in South Africa, 10 (113): 333—336, 1935.
- 34 Eastam, J. W. Report of Provincial Plant Pathologist. Rep. B. C. Dep. Agr. 1935: AA 29—AA 38, 1936.
- 35 Hutchins, L. M. Peach mosaic. A new virus disease. Science N. S., 76 (1962): 123, 1932.
- 36 Hutchins, L. M. Peach mosaic. Phytopath., 23 (1): 17, 1933.
- 37 Hutchins, L. M., Bodine, E. W. and Thornberry, H. H. Peach mosaic, its identification and control. U. S. Dept. Agric., Circ. 427: 1—48, 1937.
- 38 Hutchinson, C. B. Crinkle-leaf and pollination of sweet cherries. New Facts for California Farmers. Calif. Agr. Exp. St. Rept. July 1-st, 1932 to June 30th, 1934: 70, 1934.
- 39 Kinman, C. F. A study of some unproductive cherry trees in California. Journ. Agr. Res., 41 (4): 327—335, 1930.
- 40 Kunkel, L. O. Heat treatment for the cure of yellows and other virus diseases of peach. Phytopath., 26 (9): 809—830, 1936.
- 41 Kunkel, L. O. Peach mosaic not cured by heat treatments. Amer. Journ. Bot., 23 (10): 683—686, 1936.

- 42 Manns, T. F. and Adams, J. F. Department of Plant Pathology. Ann. Rept. Delaware Agric. Expt. Stat. for the fiscal year ending 30th June, 1933 (Bull. 188): 39—46, 1934.
 - 43 Miller, P. W. A report of progress on studies of Prune russet („scab“) and its Control. Rep. Oreg. St. hort. Soc., 1935: 105—122, 1936.
 - 44 Newton, W. The menace of Cherry mosaic. Bett. Fruit, 31 (3): 7, 14, 1936.
 - 45 Osterwalder, A. Panaschierte Kirschblätter oder die sogenannte Rigikirschkrankheit. Schweiz. Zeitschrift für Obst- und Weinbau, 39: 478—483, 1930.
 - 46 Philip, G. L. Cherry culture in California. California Agr. Extens. Serv., Circ. 46: 1—42, 1930.
 - 47 Rawlins, T. E. and Horne, W. T. A graft infectious disease of the cherry. Phytopath., 20 (10): 853, 1930.
 - 48 Rawlins, T. E. and Horne, W. T. „Buckskin“, a destructive graft infectious disease of the cherry. Phytopath., 21 (3): 331—335, 1931.
 - 49 Rawlins, T. E. and Parker, K. G. Influence of rootstocks on the susceptibility of sweet cherry to the buckskin disease. Phytopath. 24 (9): 1029—1031: 1934.
 - 50 Reed, H. S. and Thornberry, H. H. The peach tree disease recently discovered in California. Phytopath., 25 (9): 897, 1935.
 - 51 Reeves, E. L. Mottle leaf of cherries. Proc. Wash. Stat. Hort. Ass., 1935, 31: 85—89, 1936.
 - 52 Rietsema, J. Weinig bekende ziekten in Kers, Pruim en Perzik. Tijdschr. over Plantenziekten, 36 (11): 261—266, 1930.
 - 53 Salaman, J. Immunity to virus diseases in plants. Report 3^e Congr. Intern. Path. Compar. Athènes, 1936.
 - 54 Smith, K. M. A Textbook of Plant virus diseases, London, 1937.
 - 55 Smolák, J. Služba informační. Druhà vyrační zpráva stan pro choroby rostlin na Mělnice za rok 1925—26: 90—95, 1926.
 - 56 Sorauer, P. Bittere Pflaumen. Zeitschrift für Pflanzenkr., 21: 145—146, 1911.
 - 57 Stout, G. L. A mosaic type in certain cases of peach yellows occurring near potatoes. Phytopath., 20 (1): 126, 1930.
 - 58 Thomas, H. E. and Hildebrand, E. M. A virus disease of Prune. Phytopath. 26 (12): 1145—1146, 1936.
 - 59 Valteau, W. D. A virus disease of plum and peach. Kentucky Agr. Exp. St. Bul. 327: 89—103, 1932.
 - 60 Valteau, W. D. A mosaic disease of peach in Kentucky. Plant. Dis. Rept. 20 (12): 199, 1936.
 - 61 Zeller, S. M. Cherry mottle leaf. Oreg. Sta. Hort. Soc. Ann. Rept 26: 92—95 1934.
-

Plates I and II:

Symptoms of broad-streak and ring-like variegation: (1, 2): on leaves of Kustendil plum; (3): on leaf of Dolan plum; (4): on a leaf of English White Big plum; (5): on fruits of Kustendil plum; (6): on a fruit of Koshet plum; (7): on a leaf of Italian plum ($\frac{1}{2}$ n. s.); (8): on a leaf of Green Queen Claudia plum; (9): on three leaves of Mahaleb; (10): on a leaf of Montfort plum; (11): on a leaf of sloe; (12): on a leaf of "May early" cherry; (13): on two leaves of greengage; (14): on a leaf of apricot; (15): on a leaf of sour cherry; (16): on fruits of red greengage.

Plate III:

Symptoms of Narrow-striped or ring-like variegation: (17): on a leaf of cherry; (18): on two leaves of greengage (from artif. inoculation); (19, 20): on two leaves of Kustendil plum; (21): on three leaves of almond (from artif. inocul.); (22): on two leaves of greengage (from art. inocul.); (23): on fruits of Kustendil plum.

Plate IV—XI:

Mosaic symptoms: (24): on two leaves of Italian plum; (25): on a leaf of Italian plum ($\frac{1}{2}$ n. s.); (26): on a leaf of Pear like plum ($\frac{1}{2}$ n. s.); (27): on a leaf of Graf Althans Reneklaude plum; (28): on a leaf of Green Queen Claudia plum; (29): on a leaf of Afuska (Greengage); (30): on a leaf of Große Mirabelle (*Prunus domestica* var. *insititia*); (31): on a leaf of three years old trees of Afuska; (32): on two leaves of fruitbearing trees of Afuska; (33): on a leaf of domestic plum "Belovitz" ($\frac{1}{2}$ n. s.);

(34): on a leaf of Große Prinzessinkirsche; (35): on two leaves of nectarine;

(36): on a leaf of "Pink late" peach; (37): on a leaf of Elberta peach; (38): on a leaf of sour cherry; (39): on a leaf of Mahaleb from Pavlovo; (40): on two leaves of Mahaleb from Russe; (41): on a leaf of Portuguese cherry; (42): on a leaf of sour cherry; (43): on two leaves of apricot; (44): as fig. 43, followed by chlorosis and sun scorch;

(45): on a leaf of almond from Split; (46): on a leaf of almond from Russe; (47): on a leaf of greengage; (48): vitrosis on a sprout of Kustendil plum; (49): vitrosis on two sprouts of greengage (reduced); (50): vitrosis on a sprout of Green Queen Claudia plum (red.); (51): as fig. 48 (normal size); (52): as fig. 49 (normal size);

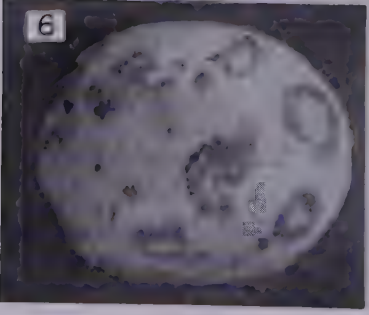
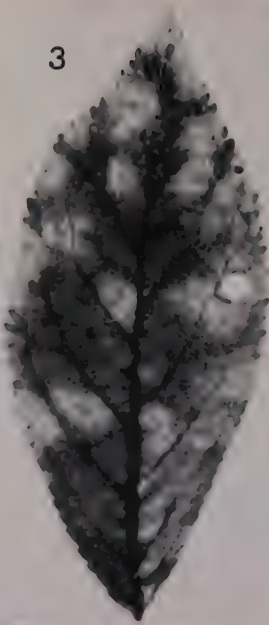
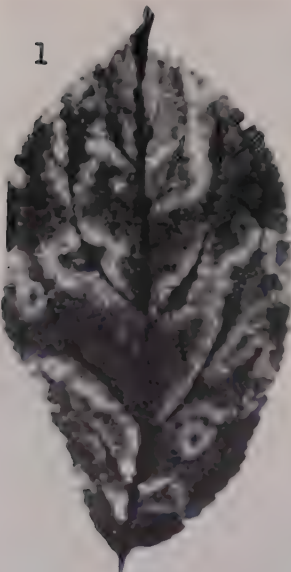
(53): vitrosis on two sprouts of Kustendil plum; (54—56): vitrosis on four leaves of greengage; (57): yellow mosaic mottling on two leaves of greengage from Lom;

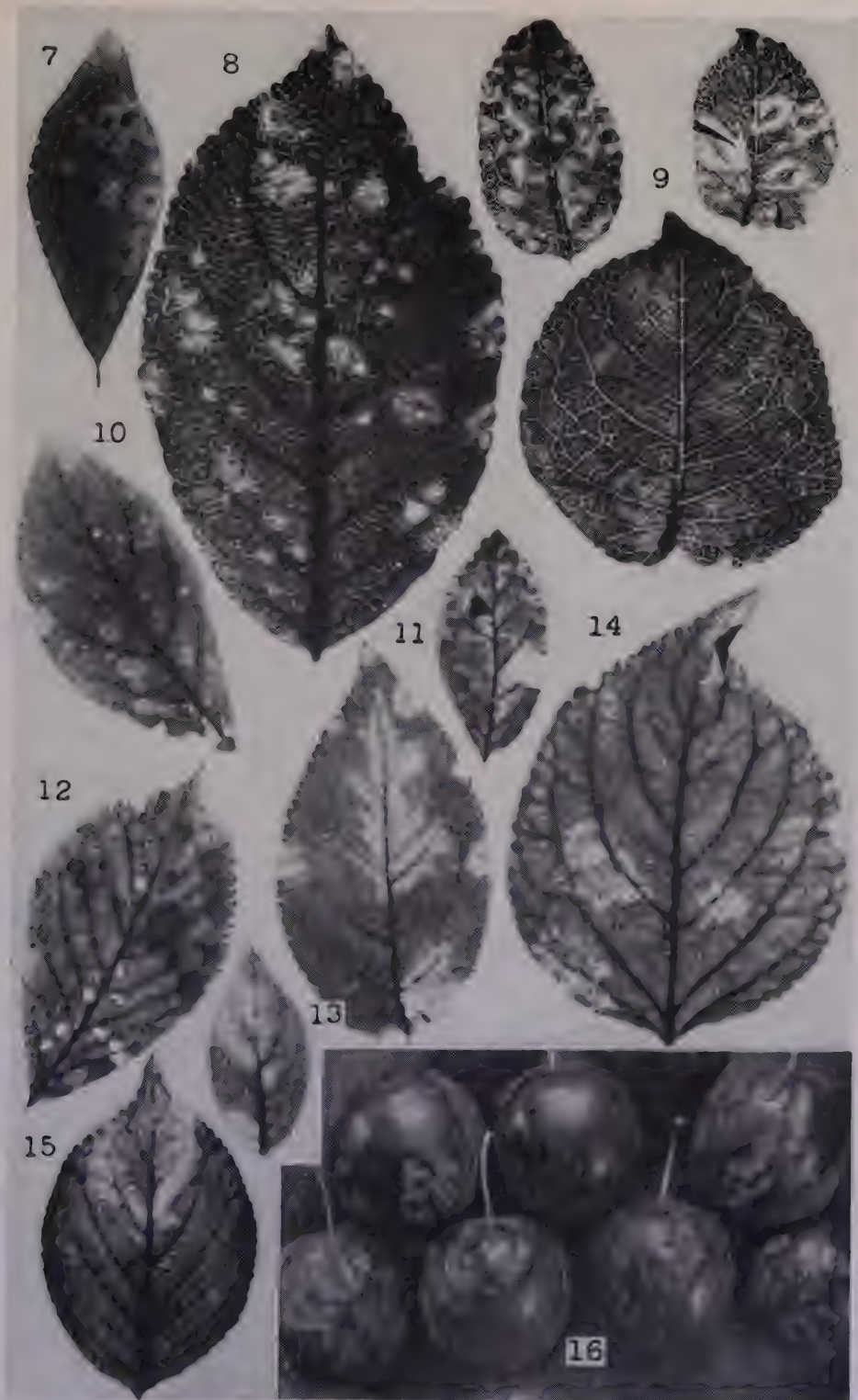
(58): vitrosis on three leaves of Mahaleb tree; (59—61): star-like mottling of greengage; (62): star-like mottling of Kustendil plum from Russe (grafted on greengage shown on fig. 60); (63): star-like mottling of Kustendil plum; (64): star-like or fine mosaic mottling of the peach "Red Magdalene"; (65): star-like mosaic on two leaves of wild apricot; (66): star-like mosaic on Mahaleb tree; (67): vitrosis and fine mosaic on apricot's leaf; (68): mosaic mottling on wild apple;

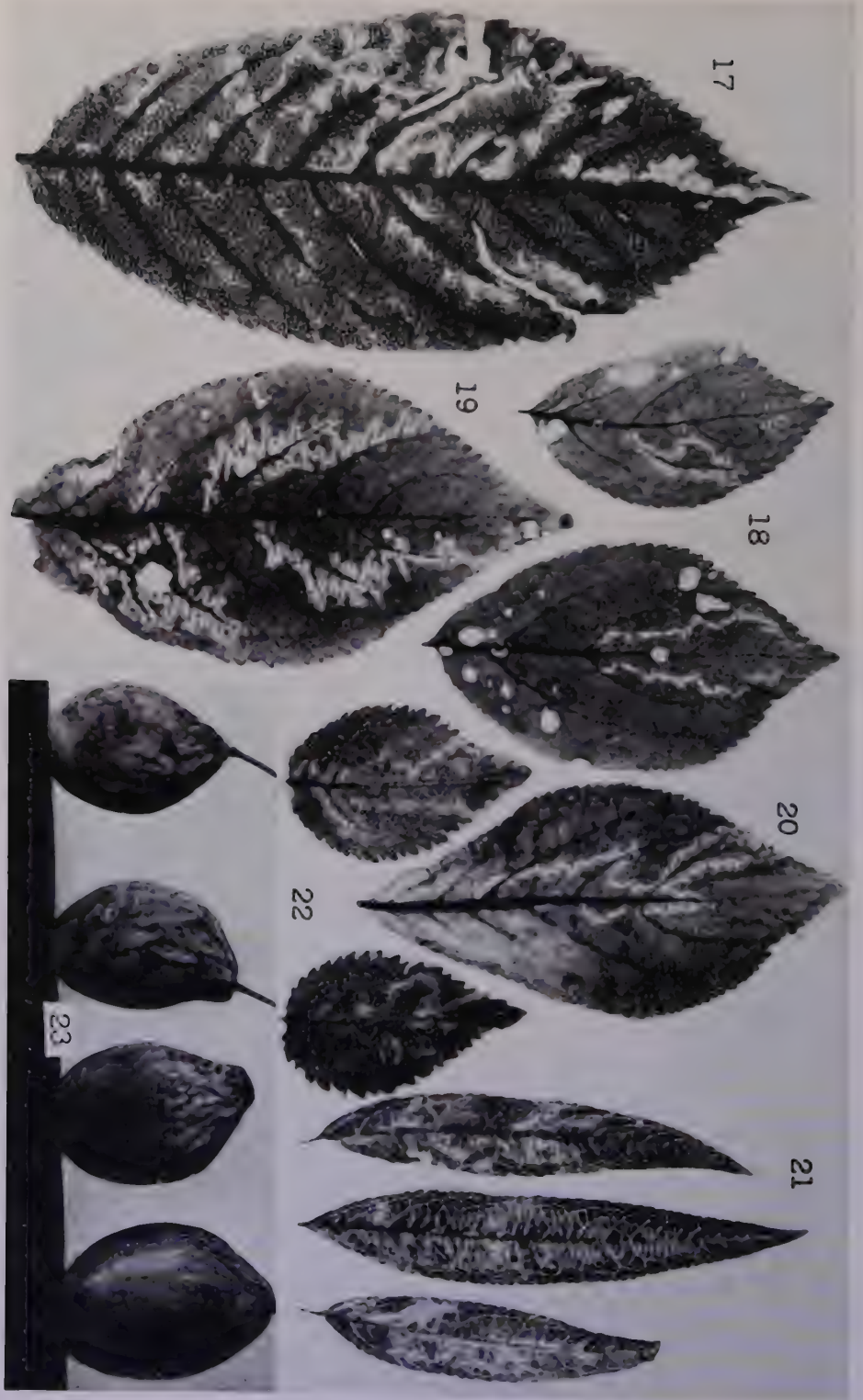
(69): star-like or fine mosaic on six leaves of sloe; (70): peripheral chlorosis on two leaves of the plum "Graf Althans Reneklaude"; (71): peripheral chlorosis on two leaves of greengage from Lom; (72): peripheral chlorosis on a leaf of "The Czar" plum; (73): chlorosis on a cherry tree infected with virus in Obrastzov Tchiflik; (73a): noninfectious peripheral chlorosis on a leaf of greengage;

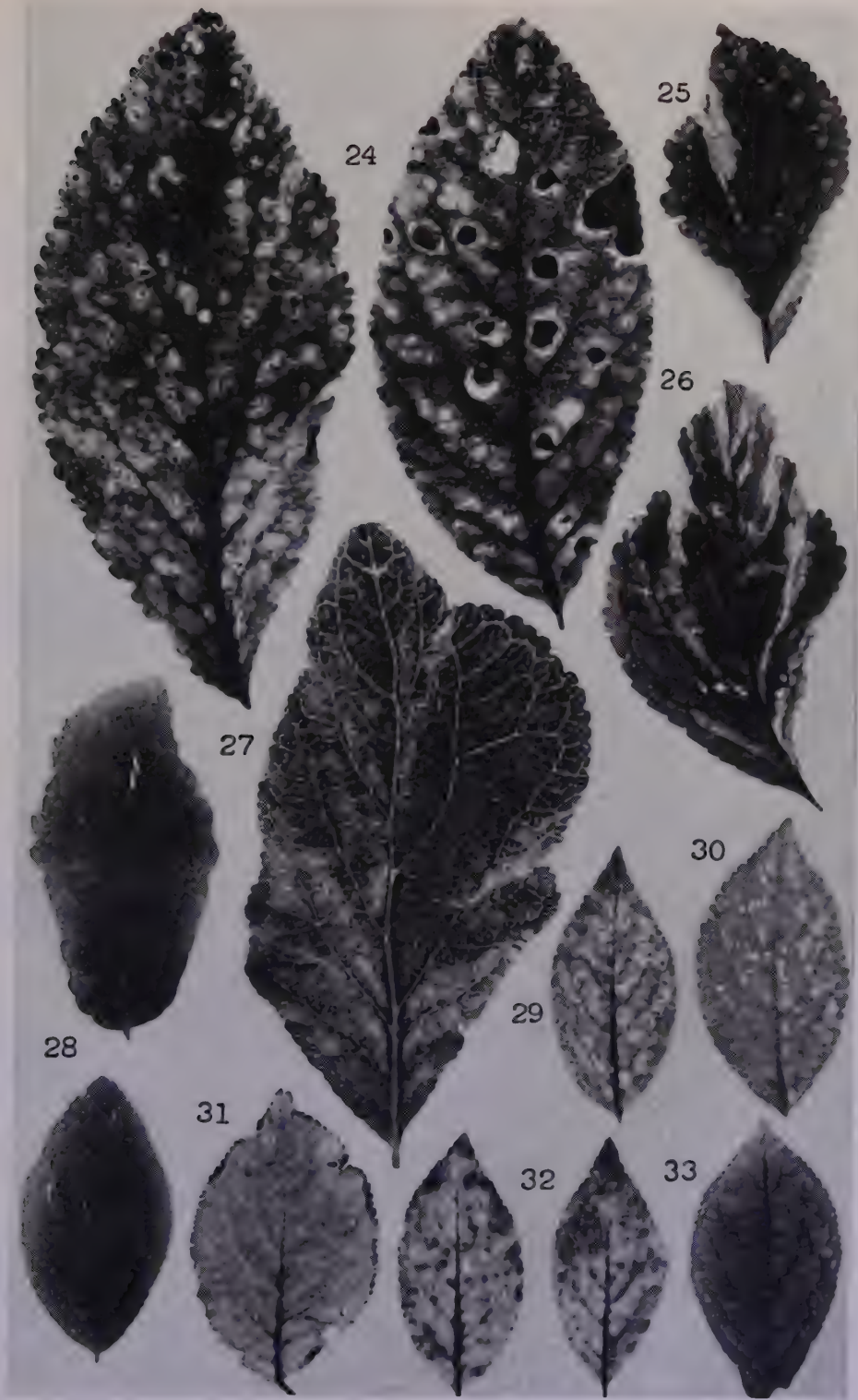
(74, 75): lenticular gumminess in the flesh of the fruit of plum "Queen Victoria"; (76): mosaic mottling transferred from pear to greengage tree; (77): water core on six greengage fruits; (78): water core on a mosaic "Portuguese" quince tree; (79): water core and cork scab on greengage infected with mosaic; (80): mosaic mottling by transfer from almond to wild apple; (81): mosaic mottling on three leaves transferred from plum "Graf Althans Reneklaude" to wild pear; (82): mosaic mottling on a wild apple leaf, obtained by transferring from chlorotic peach tree;

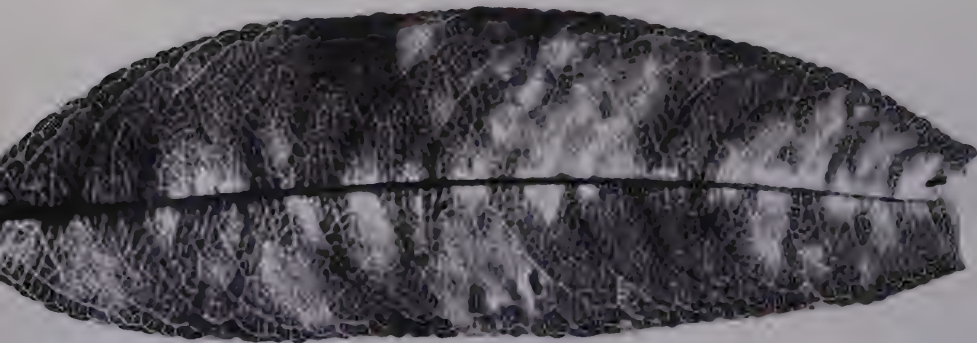
(83): mosaic and narrow striped variegation on three leaves of greengage.

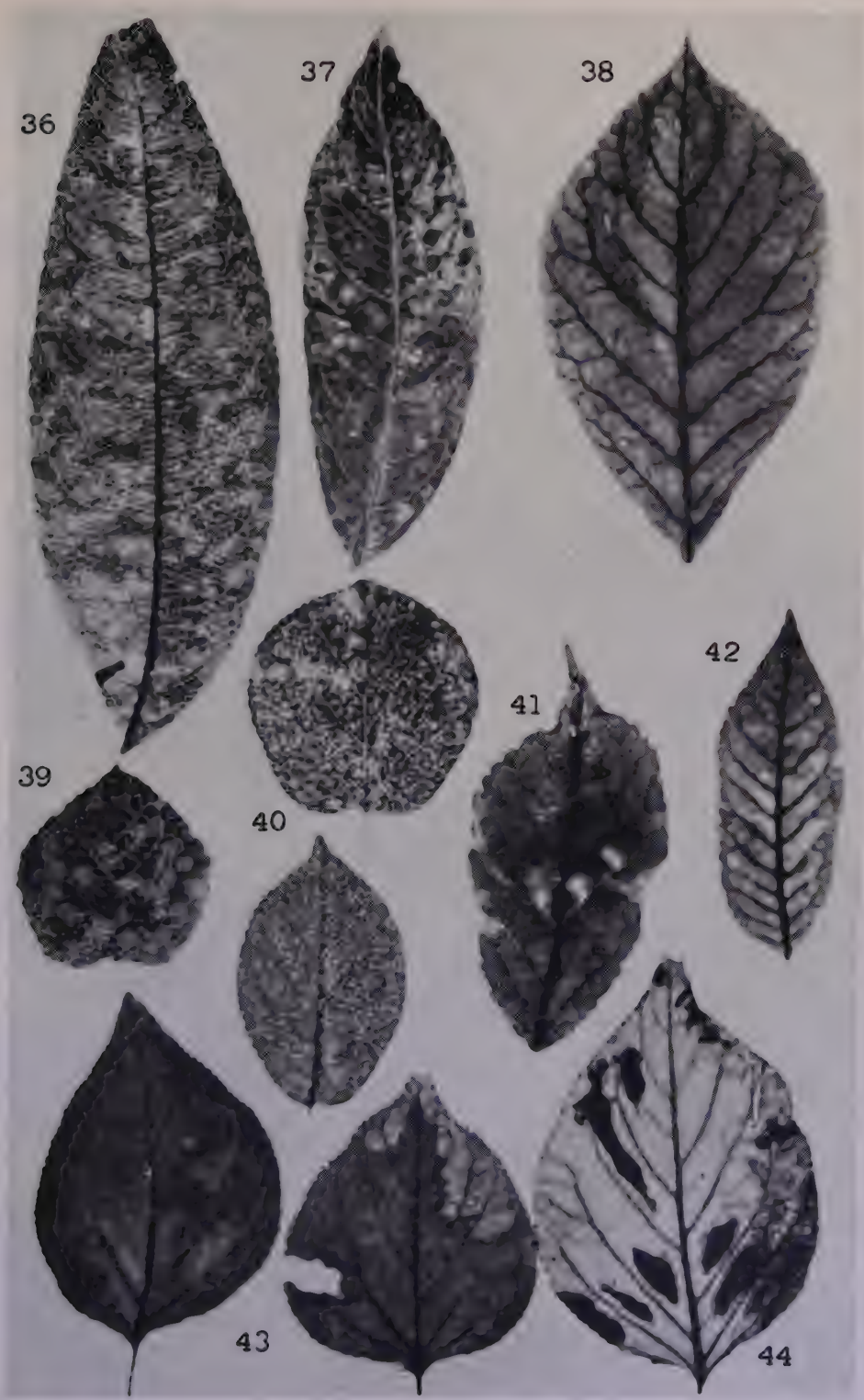


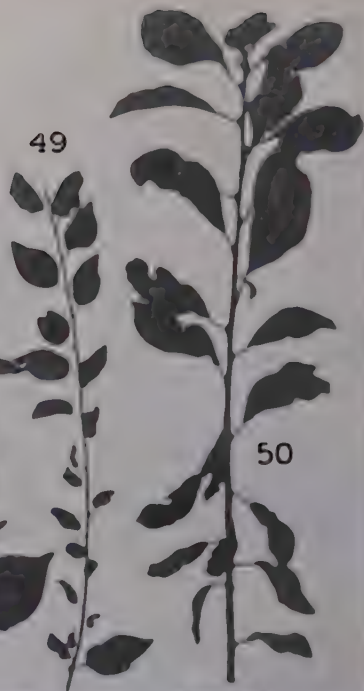
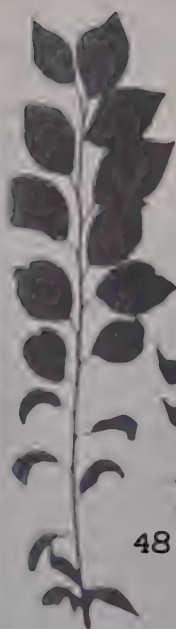
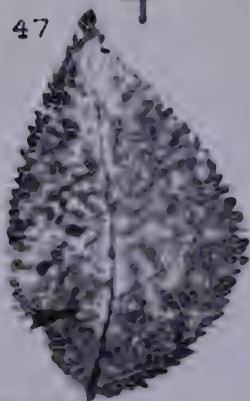








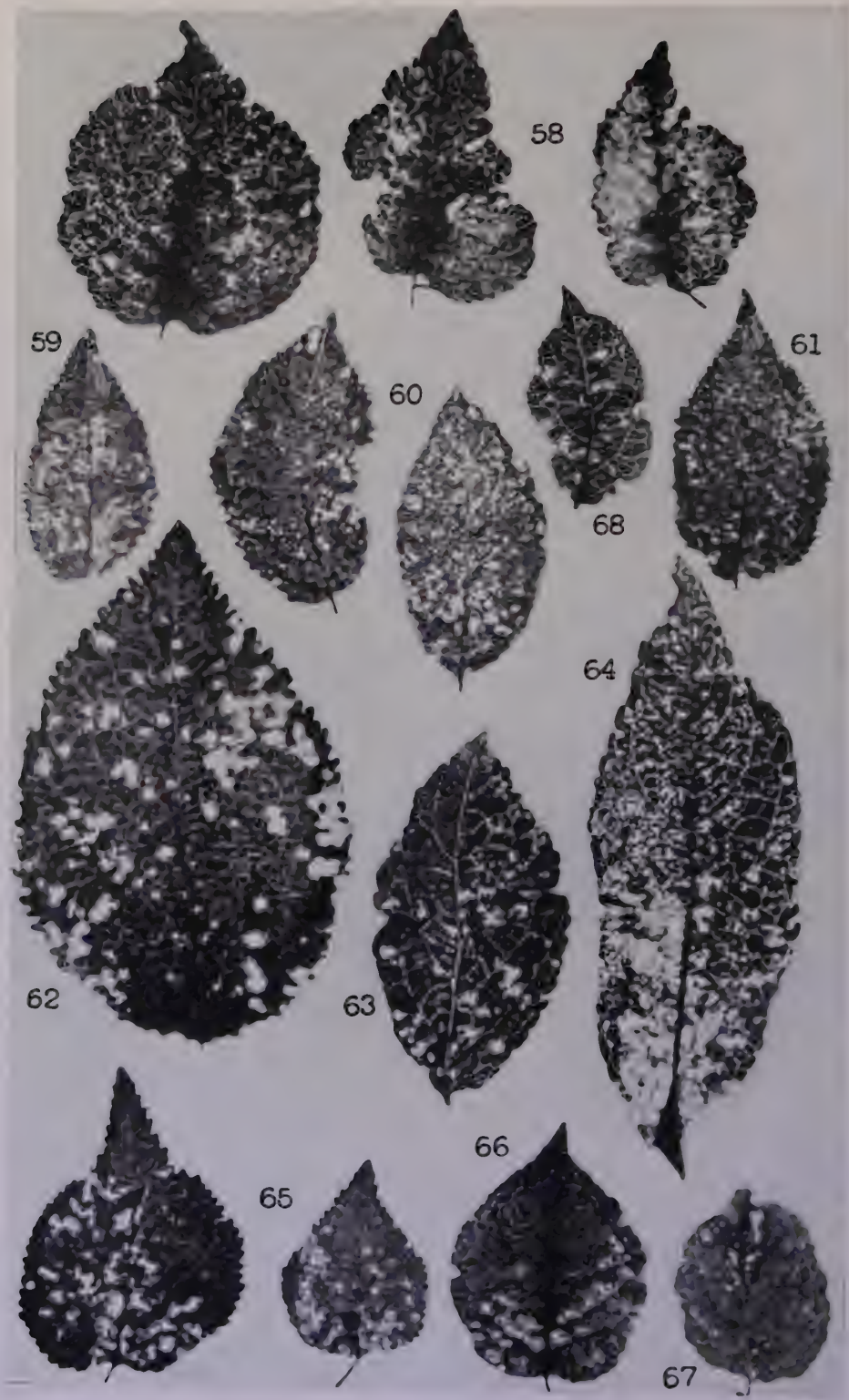


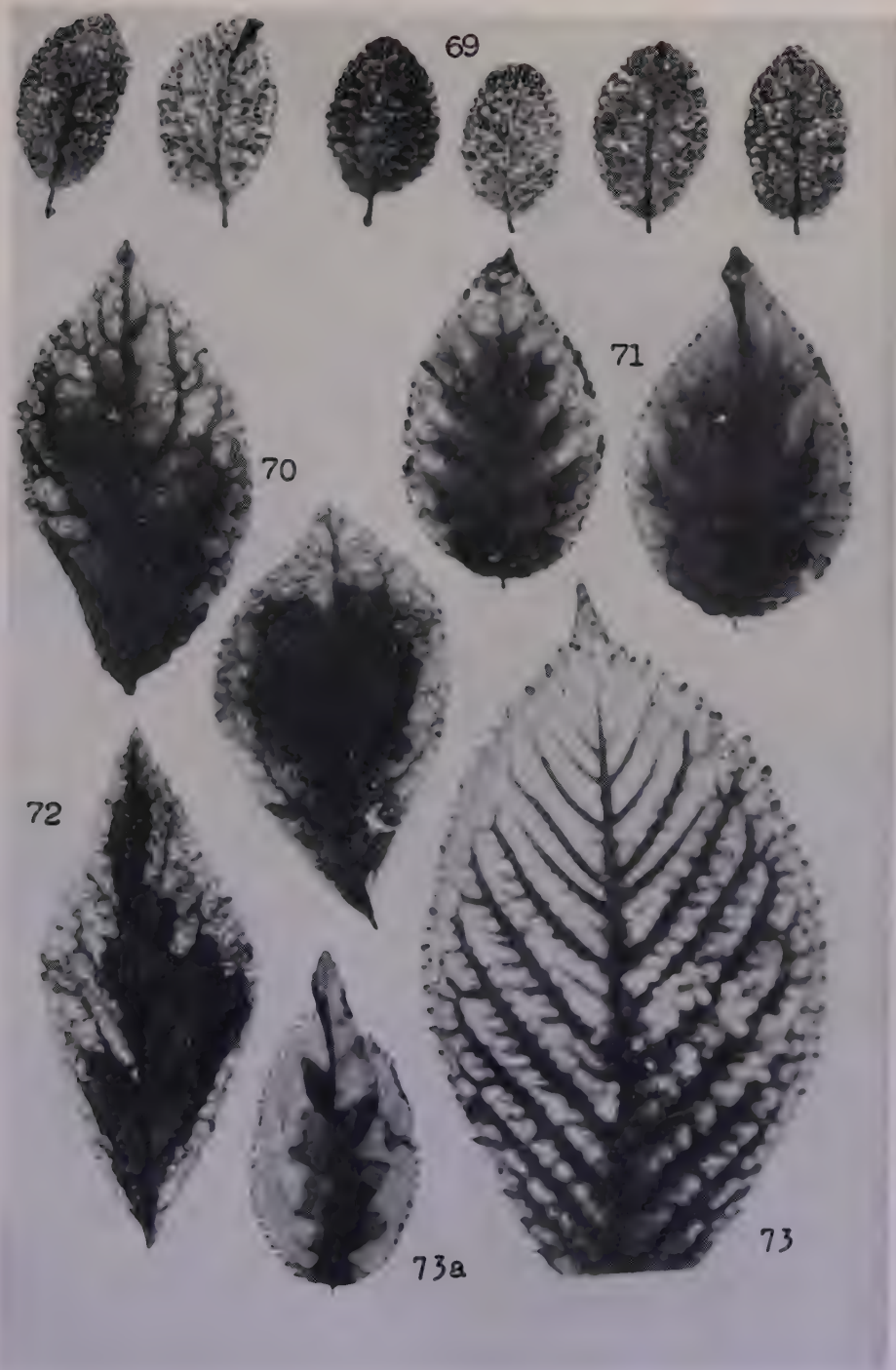


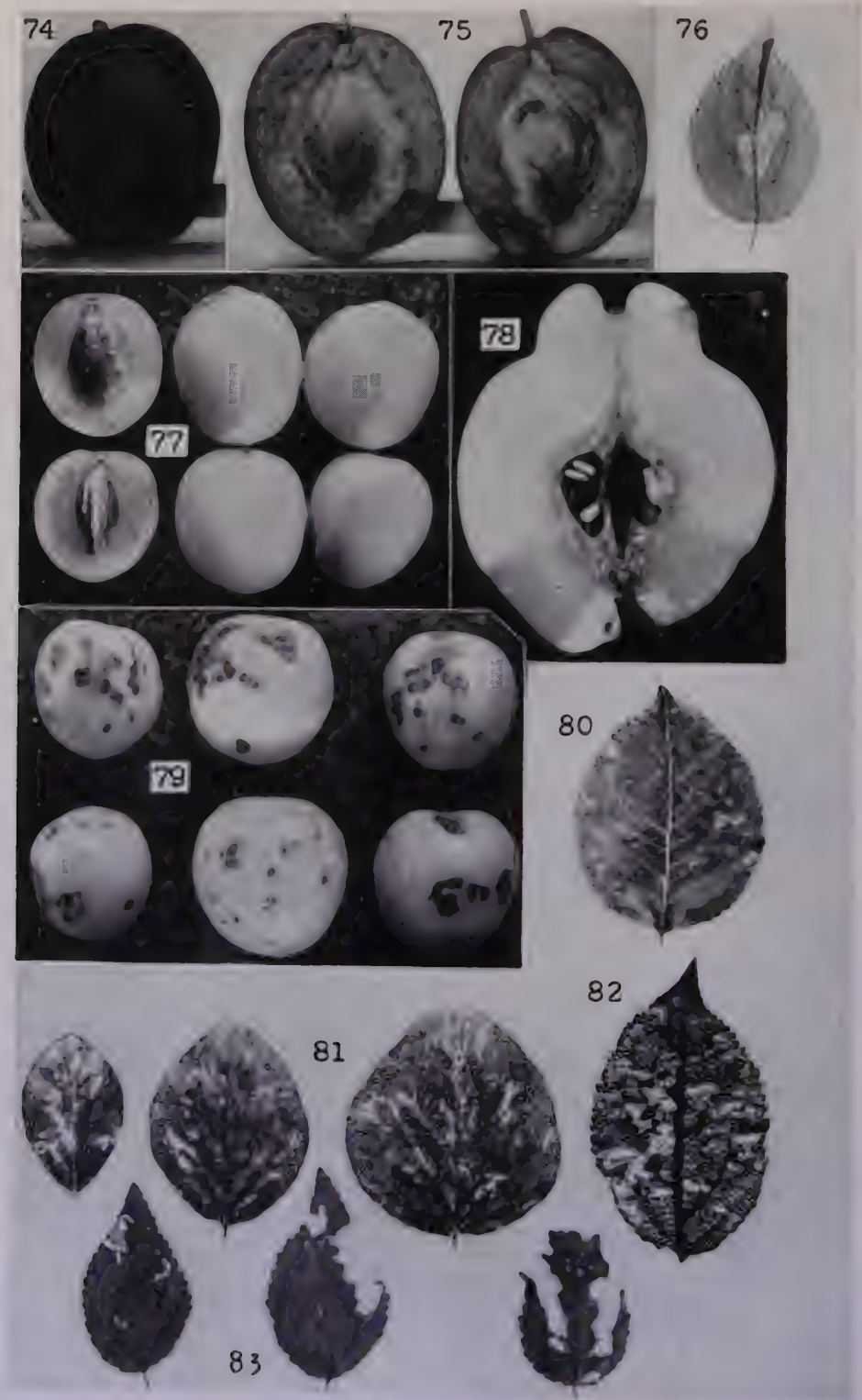
51

52









**Aus dem chemischen Laboratorium der Staatsanstalt
für Pflanzenschutz in Wien.**

Ueber die Wirkungsdauer der Schwefelkalkbrühe.

(Ein analytischer Beitrag zur Kenntniss
ihrer Zerfallsgeschwindigkeit.)

Von

Dr. Paul Reckendorfer, Wien.

Mit 1 Abbildung.

In seiner Arbeit über „Die chemischen Grundlagen der Wirkungsweise der Schwefelkalkbrühe“ (1) konnte der Verfasser bereits darauf hinweisen, daß für die toxische Wirkung der Schwefelkalkbrühe in erster Linie nur jene Schwefelverbindungen maßgebend sein können, die über ein großes Maß an Affinität zum Sauerstoff verfügen. Damit war aber auch schon zum Ausdruck gebracht, daß es sich solcherart nur um Polysulfide handeln könne, zumal die Polysulfidverbindungen, wie z. B. CaS_4 und CaS_5 , dem Lebensbereich des Schädling ein nicht unbeträchtliches Maß an Sauerstoff entziehen, ein Umstand, der sich als Reduktionswirkung in der Folge dann ungünstig auswirkt, den Lebenshaushalt des Schädling immer mehr und mehr beeinträchtigt und schließlich zum Erlahmen der Lebensfunktionen desselben führt. Zu den insektiziden Eigenschaften der Polysulfide gehört noch ihre Mazerationsfähigkeit, die sich nicht zuletzt in einem Wachs-lösungsvermögen, bzw. in einer Verseifbarkeit der Wachs-Chitin-Konfiguration des Panzers bzw. Schildes manifestieren kann. Die den Polysulfidverbindungen eigene Fähigkeit der Schwefelabscheidung wird berechtigterweise auch mit als Ursache ihrer fungiziden Wirkung angenommen werden müssen, zumal für den im Rahmen der Abscheidung freiwerdenden Schwefel dieselben Theorien zur Erklärung seiner fungiziden Giftwirkung Geltung haben, wie sie für die Wirkungsweise des elementaren Schwefels (z. B. Weinbergsschwefels) als Stäubemittel feststehend angenommen und durch mehrfache Versuchsanstellungen auch erhärtet wurden. Die Wirkungsweise der Schwefelkalkbrühe wird also nach der Richtung ihrer insektiziden und fungiziden Bestands- bzw. Zerfallsprodukte hin in Erscheinung treten und solcherart auch aufzufassen sein.

Der Verfasser konnte nun schon seinerzeit zeigen, daß die auf den Pflanzenteilen haftende Antrocknungsbrühe vom Anbeginn ihres Entstehens, d. h. von dem Augenblick an, wo sie in Auswirkung der großen Oberfläche des Sprühfilmes mit der atmosphärischen Luft in inniger Berührung steht, im Rahmen atmosphärischer Einflüsse nicht nur dem wasserentziehenden Verdunstungsprozeß ausgesetzt ist, sondern auch den bestimmenden Einflüssen der Umformung, des Abbaues und des Zerfalles. In dem Maße, wie die Brühe antrocknet, wird sie auch umgewandelt. Mit der Umwandlung aber schreiten einher der Abbau und der Zerfall ihrer Bestandsprodukte, so daß eine scheinbare und als verderblich gefürchtete Konzentrationserhöhung der Ausgangsbestandstoffe praktisch niemals eintritt. In der Tat findet wohl eine Anreicherung statt, die dann im Ablauf des Eintrocknens schließlich zu einem Sedimentbelag führt. Der auf den Pflanzenteilen eingetrocknete Sedimentbelag ist aber in seinem Aufbau mit dem der Ausgangsbestandstoffe der Brühe nicht mehr identisch. Er stellt nur das Endprodukt der Umformung dar, die mehr oder minder letzte Phase des Zerfalles, zumal die Zwischenprodukte des Abbaues das Ausmaß ihrer toxischen Wirkung schon längst erreicht und somit ihren Zweck erfüllt haben. Solcherart ist der Schwefelkalkbrühefilm imstande, den ihm gestellten toxischen Aufgaben gerecht zu werden, ohne dabei selbst Anlaß zu einem Schadensbilde zu geben.

Die toxische Wirkung der Schwefelkalkbrühe scheint einerseits eine allmähliche zu sein und kommt erst im Ablauf bzw. während des An- und Eintrocknungsprozesses voll und ganz zur Manifestation, anderseits ist aber der toxische Erfolg einer Schwefelkalkbrühebehandlung mit dem Anreicherungs- und Zerfallsprozeß auf das innigste verbunden. Daher scheint der Gedanke naheliegend, nicht nur der schon seinerzeit ausführlich behandelten Umwandlungsbereitschaft der Brühebestandteile, also der Art des Umbaues bzw. Zerfalles derselben, ein besonderes Interesse entgegenzubringen, sondern auch dem zeitlichen Ablaufe des gesamten in der Natur bzw. auf den Pflanzenteilen sich abspielenden Aufbereitungsvorganges eine nicht zu unterschätzende Bedeutung beizumessen. Damit aber ist der Zerfallsgeschwindigkeit und der mit ihr in untrennbarem Konnex befindlichen Wirkungsdauer selbst schon eine entsprechende Beachtung zuteil geworden.

In der vorzitierten Abhandlung wurde bereits reichlich Gelegenheit genommen, die in Auswirkung des durch den zersetzenden Einfluß der Luft ausgelösten Abbauprozesses aufscheinenden und sich derart zwangsläufig ergebenden analytischen Erwägungen einer eingehenden Klarstellung zuzuführen und festzustellen, daß als letzte Zerfalls- und Endprodukte des Abbaues lediglich Calciumkarbonat (CaCO_3), Calciumsulfat (CaSO_4) und elementarer Schwefel (S) aufscheinen bzw. als auf den Pflanzenteilen haftend verbleiben, zumal Schwefelwasserstoff (H_2S) und schweflige Säure

(SO₂) als gasförmige Stoffe mit mehr oder minder fungizider Wirkung entweder teilweise auf die Pflanzensubstanz abströmen oder unter Bildung elementaren Schwefels in Reaktion treten. Da nun, wie bereits vorbesprochen, dem schließlich als Mitendprodukt des Zerfalles auf den Pflanzenteilen haftenden elementaren Schwefel einerseits eine maßgeblich fungizide Wirkung nicht abgesprochen werden kann (Weinbergschwefel!!), anderseits aber das mengenmäßige Ausmaß seiner Bildung bzw. Entstehung, als im Zerfallsvorgange selbst begründet, mit fortschreitendem Zerfallsprozeß in Zunahme begriffen ist, ein Umstand, der ein stetiges Ansteigen der fungiziden Bereitschaft des auf den Pflanzenteilen aufgetragenen Sedimentbelages zur Folge hat, muß die fungizide Wirkung einer je nach der Behandlungsart in verschiedenen Konzentrationen versprühten Schwefelkalkbrühe als mit zunehmender Haftzeit und solcherart auch mit lange vorherrschender Zerfallsdauer im Anstiege begriffen bezeichnet werden. In dem Maße, als elementarer Schwefel frei wird bzw. in dem Umfange, als dem Brühenbelage durch die bestimmenden Einflüsse atmosphärischer Verhältnisse zur Freimachung solchen Schwefels Zeit gegeben wird, steigt die fungizide Bereitschaft des Brühensedimentes, um schließlich im endgültigen Zerfallsbilde ein Maximum an fungizidem und derart giftwirksamem Schwefel produziert zu haben.

Die fungizide Komponente eines Schwefelkalkbrühefilmes ist also im Augenblicke seiner Aufbringung auf die Pflanzensubstanz, als in ihrer letzten Konsequenz festgelegt, schon gegeben und ihr Anstieg bis zum Maximum durchaus gesichert. Da nun von einer im Verlaufe eines Bekämpfungsvorganges auf den Pflanzenteilen versprühten und dortselbst haftenden Schwefelkalkbrühe eine fungizide Bereitschaft im Sinne einer Sofortwirkung niemals verlangt und erwartet wird, eine durchgreifende fungizide Wirkung aber erfahrungsgemäß sehr bald in Erscheinung tritt, und zwar mit einer analytischen Folgerichtigkeit, die den Anstieg bis zum Wirkungsmaximum durchaus verbürgt und sichert, so kann vom Anbeginne der Brüheaufbringung mit einer vorerst mehr oder minder konstanten und später in Zunahme begriffenen fungiziden Größe gerechnet werden, mit einem Wertmaße, das keiner sorgenden Beobachtung oder Erwägung mehr bedarf, zumal das Höchstausschlag fungiziden Geschehens erst dann im Abgleiten wird begriffen sein, wenn durch Außeneinflüsse, d. h. durch die Wetterlage selbst, ein Abbröckelungsprozeß des nur mehr weniger gut haftenden Sedimentbelages einsetzt.

Ganz anders aber liegen die Verhältnisse im Hinblick auf die dem Pflanzenorganismus ebenfalls anhaftenden Polysulfidverbindungen, die im Augenblicke ihrer Aufbringung auf die Pflanzensubstanz wohl in einem Ausmaße vorhanden sind, das vorerst als Ausgangs- bzw. Maximalwert bezeichnet werden muß, im Verlaufe des Antrocknungsprozesses und mit zunehmender Haftzeit aber dennoch den bestimmenden Einflüssen des

Abbaues und des Zerfalles überantwortet sind, um schließlich mit zunehmender Zerfallszeit bzw. mit zunehmender und derart auch durch die vorherrschenden Witterungsverhältnisse gesteuerter Zerfallsgeschwindigkeit in konsequentem und zielsicherem Abstiege begriffen zu sein.

Es ist nun klar, daß die toxische Wirkung eines Schwefelkalkbrühebelages umso anhaltender sein wird, je mehr der insektizide Charakter der Polysulfide größt- und längstmöglich vorhanden ist, bzw. erhalten bleibt und derart auch als maximale Komponente ins Treffen geführt werden kann. Es bedarf aber auch keiner besonderen Erkenntnis, um einsehen zu können, daß das Um und Auf dieser maximalen Vorherrschaft im Ausmaß und Wechselspiel jener Größe verankert ist, die allein den zeitlichen Ablauf des Bestands- bzw. Zerfallsprozesses steuert und solcherart über die temporäre Befristung der den Pflanzenteilen anhaftenden Polysulfidbestände unfehlbar entscheidet, in jener Größe nämlich, die uns schließlich in Form des Begriffes der „Zerfallsgeschwindigkeit“ maßgeblich entgegentritt.

Aber genau so, wie der Abbauprozess der Schwefelkalkbrühe in allen seinen Konsequenzen mit dem zeitlichen Ablaufe ihres Zerfalles, also mit der Zerfallsgeschwindigkeit, untrennbar verbunden ist, so ist auch die Zerfallsgeschwindigkeit selbst in ihrer gesamten Auswirkung den richtunggebenden Einflüssen der Atmosphäre unterworfen, da schließlich und endlich nur die Atmosphärien es sind, die den Umbildungsprozeß verursachen. Die Luftfeuchtigkeits- und Temperaturverhältnisse sind es ja, die das Tempo des zu tätigenen Abbaues vorschreiben, und die solcherart sich zwangsläufig ergebende Geschwindigkeit im Ablaufe aller umbildenden Vorgänge ist es wieder, die Zerfallsgeschwindigkeit nämlich, die über das Bestehen und Vergehen der Polysulfidbestände wacht und mit ihrem Vorrang und Einflusse den Verlauf und die Rentabilität toxischen Geschehens lenkt und entscheidend beeinflusst.

Der Verfasser war nun bemüht, eine Versuchsanordnung festzulegen, die es ermöglichen sollte, in den zeitlichen Ablauf des Zerfalles der Schwefelkalkbrühe reichlichen Einblick zu gewinnen und die Geschwindigkeit ihrer Zerfallsbereitschaft mit allen auf ihre Freilandsverwendung bezughabenden Konsequenzen zu erforschen. Es sollte somit der Weg bereitet werden, um über die Wirkungskdauer der Schwefelkalkbrühe Näheres erfahren zu können.

Die nach dem Bekämpfungsvorgang auf den Pflanzenteilen versprühte und dortselbst haftende Schwefelkalkbrühe wird nun im Hinblick darauf, ob es sich um eine Winter- oder Sommerbespritzung gehandelt hat, eine jeweils verschiedene Konzentration aufweisen. In der Zeit der Vegetationsruhe, bzw. für die Behandlung der Knospen und der Rinde vor dem Austrieb, mag gewöhnlich eine 3—4fache Verwässerung der normalen Schwefelkalkbrühe (Normalbrühe) als zweckentsprechend angesehen werden, zum Bespritzen belaubter Pflanzen (aber nicht während

der Blüte) hingegen ist es unerlässlich, eine 30—40fache Verdünnung der Normalbrühe vorzunehmen. Da der Verfasser nun bestrebt war, zum Zwecke der Durchführung von Laboratoriumsversuchen aus rein versuchstechnischen Erwägungen mit einem relativ geringen Flüssigkeits- bzw. Sprühvolumen das Auslangen zu finden und dabei von der Überlegung ausging, daß bei der Aufbringung einer kleinen Brühenmenge mit einer verhältnismäßig geringen Versuchs- bzw. Unterlagsfläche (2500 cm^2) gearbeitet bzw. vorlieb genommen werden kann, hielt er es für zweckmäßig, die der Klarstellung der Zerfallsgeschwindigkeit bzw. der Wirkungsdauer der Schwefelkalkbrühe dienende Versuchsanordnung in getreuer Anlehnung an bereits erprobte Freilandsverhältnisse und derart unter Heranziehung einer z. B. 3fach verwässerten Normalschwefelkalkbrühe zu erstellen.

Zu diesem Zwecke wurden nun je Versuch 10 ccm Originalbrühe (Normalbrühe) mit 30 ccm destillierten Wassers versetzt und solcherart eine Verdünnung von 1 : 3, also eine 25prozentige Konzentration, hergestellt. Zur Erreichung eines den Freilandsverhältnissen zweckmäßig angepaßten Sprühfilmes wurden je 8 ccm dieser 40 ccm betragenden Versuchsbrühe in eine Glasschale mit einer Bodenfläche von 500 cm^2 gegossen, so daß schließlich alle 40 ccm auf $5 \times 500 = 2500 \text{ cm}^2$ gleichmäßig zur Verteilung gelangten. Die Dichte von $40/2500 = 0,016$ besagt, daß rund $0,02$ ccm Versuchsbrühe in Form eines feinen Häutchens auf 1 cm^2 Unterlagsfläche filmmäßig ausgebreitet sind, so daß auf der Fläche eines Quadratzentimeters vielleicht ein mehr oder minder kleiner Tropfen Versuchsbrühe (1 : 3) zur Verflachung gelangt. Diese rechnerische Überlegung besitzt aber nur rein theoretische Bedeutung, zumal der filmmäßige Belag von Schwefelkalkbrühe sich niemals als ein „Häutchen“ schlechthin manifestiert, sondern unter Einwirkung bzw. in Auswirkung der auf der Belagsfläche herrschenden Spannungsverhältnisse (Oberflächenspannung) zu einem Tropfen bzw. Tropfenverbände zusammenrinnt. Der Verfasser glaubt aber, mit einer Belagsdichte von $40/2500$ den tatsächlichen Freilandsverhältnissen ziemlich nahe gekommen zu sein.

Es wäre noch zu erwähnen, daß die Grund(Belags-)flächen der in Verwendung genommenen Glasschalen zum Zwecke einer exakten Benetzung vor jedem Ausbreitungsversuche entsprechend entfettet werden mußten, zumal nur solcherart eine ziemlich genaue Anlehnung an die normalerweise sich vorfindenden Freilandsbedingungen möglich war.

Die, wie vorstehend berichtet, mit der Versuchsbrühe beschickten fünf Glasschalen wurden zunächst einmal eine Stunde lang der Einwirkung der atmosphärischen Luft ausgesetzt. Der auf diese Weise „versprühte“ Schwefelkalkbrühefilm verliert nun im Rahmen des gewöhnlichen Verdunstungsprozesses zunächst einen Teil seines Wassers und beginnt dann langsam, d. h. vorerst stellenweise, anzutrocknen. Durch den Wasser-

verlust tritt wieder zwangsläufig eine Anreicherung der Bestandsprodukte des Sprühfilmes ein, zumal je Quadratzentimeter Belagsfläche bei wohl gleichbleibender Menge an Bestandsstoffen die denselben anhaftende Flüssigkeitsmenge (Wasser) nicht unbedeutend verringert wurde. In dem Maße nun, wie die Brühe antrocknet, wird sie wieder umgewandelt. Mit der Umwandlung aber schreiten einher der Abbau und der Zerfall ihrer Bestandsprodukte. Wenn es daher gelänge, diesen Abbau und Zerfall auf analytischem Wege festzuhalten und das analytische Zerfallsbild einer z. B. einstündigen Einwirkung der Atmosphäre mit einem Kontrollwert (0 Stunden, Ausgangsbrühe) bzw. mit den Ergebnissen von Mehrstundenversuchen in Vergleich zu setzen, so müßten sich aus der Aneinanderreihung dieser Zerfallswerte kurvenähnliche Bilder ergeben, die in voller Anschaulichkeit das wechselvolle Spiel von Umformung und Abbau, von Zerfall und Anstieg zu repräsentieren imstande wären. Solcherart könnte aus den durch zeitliche Aneinanderreihung der im Sinne der Versuchsdauer gesichteten Zerfallswerte erhaltenen Kurvenbilder die Geschwindigkeit der Zerfallsbereitschaft der Schwefelkalkbrühe, ihre Zerfallsgeschwindigkeit also, ermittelt und im Anschlusse daran auch ihre Wirkungsdauer festgelegt werden.

Es war nun interessant, zu beobachten, daß schon nach Beendigung des ersten Aussetzungsversuches (Versuch II, Stundenzahl 1), nachdem die Versuchsbrühe also erst eine Stunde lang den bestimmenden atmosphärischen Einflüssen der Umformung, des Abbaues und des Zerfalles ausgesetzt war, der Film (Belag) deutlich „getrübt“ war, ein Umstand, der nicht nur in der Anreicherung (Verdunstung), sondern auch in einer manifesten Schwefelabscheidung (Zerfall) seine Ursache hat. Zum Zwecke der analytischen Erfassung des Zerfallsvorganges wurden nun die Filme bzw. Beläge aller fünf Schalen möglichst sparsam mit destilliertem Wasser quantitativ aufgenommen, und zwar derart sorgfältig, daß das in eine Porzellanschale gebrachte Probegut ein Gesamtvolumen von ca. 150 ccm aufwies. Dieses erhaltene Analysengut wurde in einen 200 ccm-Meßkolben gebracht und nach sorgfältigster Waschung der Schale mit destilliertem Wasser der Kolben bis zur Marke aufgefüllt. Die im Meßkolben befindliche Aufschwemmung wurde nun für kurze Zeit (zirka 25 Minuten) sich selbst überlassen und zum Zwecke der Bewerkstelligung eines durchgreifenden Lösungsvorganges mehrmals gut durchgeschüttelt. Es muß nämlich exakterweise angenommen werden, daß bei dem relativ kurzen Aufbereitungsprozeß von nur einer Stunde vorläufig nur ein Teil aller umwandlungsfähigen Stoffe von den zersetzenden Einflüssen der atmosphärischen Luft (Kohlensäure und Sauerstoff) erfaßt werden konnte, während ein nicht unbeträchtliches Ausmaß entweder in Lösung bleibt oder im Rahmen des Verdunstungsprozesses antrocknet, ohne aber dabei umgewandelt zu werden. Eine sorgfältige und genaue Analysendurchführung erfordert aber auch

die analytische Mitbestimmung dieser noch nicht umgewandelten Antrocknungsstoffe, die ihrerseits wieder nur durch einen entsprechenden Lösungsvorgang neuerlich mobilisiert werden können. Nach einigem Schütteln also enthält der 200 ccm-Meßkolben die durch atmosphärische Einflüsse herabgeminderten Bestandsstoffe von ursprünglich 40 ccm Versuchsbrühe (3:1) bzw. 10 ccm Originalbrühe (Normalbrühe), also eine im Sinne der Wöberschen Analysenvorschrift normale Analysenkonzentration (10/200) aufweisende Versuchsbrühe, die der von Wöber angegebenen Stammbrühe an Konzentration (10/200) gleichwertig war. Solcherart nun konnte die Berechnung der Analysenwerte gemäß dem Wöberschen Konzepte (2) erfolgen, so daß die im Rahmen der Versuche erstellten und in den nachfolgenden Tabellen verzeichneten Werte von Thiosulfat-, Polysulfid-, Monosulfid- und Gesamtschwefel sich als Gramm in 100 ccm Originalbrühe verstehen.

Es war nur mehr notwendig, den gut durchgeschüttelten Inhalt des Meßkolbens vor der Analyse von seinem verschwindenden und daher in Bezug auf den Gehalt (200 ccm) zu vernachlässigenden Bodensatz (CaSO_4 , CaCO_3 und S-elementar) abzufiltrieren. Das wasserklare Filtrat (Monosulfid, Polysulfid, Thiosulfat) war nunmehr analysenfertig.

Die vom Versuche II (Stundenzahl 1) abgeleiteten Analysenzahlen reihen sich in ihrem Wertbilde nun wie folgt aneinander:

Thiosulfatschwefel	3,75 g
Polysulfidschwefel	5,45 g
Monosulfidschwefel	1,50 g

Die Werte verstehen sich natürlich als Gramm in 100 ccm Originalbrühe. Vergleicht man nun diese 1-Stundenwerte mit den bei der Versuchszeit von 0 Stunden (Kontrolle) erstellten Analysenzahlen, die ja als solche der Kontrolle anzusprechen sind, zumal sie sich auf die unbehandelt belassene Stammbrühe (durch Verdünnung der Originalbrühe gewonnene Versuchsbrühe) beziehen, so findet man, daß schon im Verlaufe einer einzigen Stunde Aufbereitungsfrist eine bedeutende Herabminderung der wirksamen Bestandsprodukte stattgefunden hat.

Zu diesem Zwecke nachfolgend die Analysenwerte der Kontrollbrühe, bzw. der unbehandelt belassenen Stammbrühe, bzw. Originalschwefelkalkbrühe, die als Muttersubstanz und Ausgangsmaterial in ihrem Aufbau und im Mengenverhältnis ihrer Bestandsprodukte einem bisher als Norm fixierten Wertschema entspricht:

Thiosulfatschwefel	1,86 g
Polysulfidschwefel	11,87 g
Monosulfidschwefel	3,18 g

Schon ein flüchtiger Vergleich mit den Ergebnissen des 1-Stundenversuches bestätigt die vorstehend erörterte ganz eklatante Dezimierung von Polysulfid- und Monosulfidschwefel, in deren Gefolge eine sprunghafte Steigerung des Thiosulfatwertes um mehr als das Doppelte zwangsläufig

auftritt. Eine einzige Stunde zersetzenden atmosphärischen Einflusses genügt schon, um den maßgeblich wirksamen Polysulfidgehalt des Sprühfilmes auf mehr als die Hälfte herabzusetzen!

Es ist nun klar, daß das Bestreben vorlag, die Versuchsreihe auf mehrstündige Aufbereitungsversuche auszudehnen, auf eine Serie also, in deren Gesamtverlauf ein hundertprozentiger Zerfall, zumindest in Bezug auf den Polysulfidschwefel (bzw. Monosulfidschwefel) erwartet werden konnte.

Über die rein analytisch erfaßbaren Ergebnisse der insgesamt 12 Versuchsdurchführungen (I—XII) unterrichtet die Tabelle 1.

Tabelle 1.

	0	1	2	3	4	5	6	7	17	18	24	48
Thiosulfatschwefel . . .	1,86	3,75	4,75	5,06	5,20	5,48	5,50	5,60	3,24	3,22	3,20	3,20
Polysulfidschwefel . . .	11,87	5,45	3,50	2,13	1,25	0,90	0,75	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00
Monosulfidschwefel . . .	3,18	1,50	0,69	0,50	0,27	0,10	0,11	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00

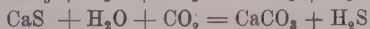
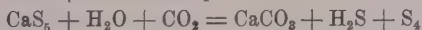
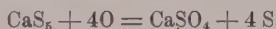
Zunächst muß festgehalten werden, daß in der Tabelle 1, und zwar in den Horizontalspalten 2, 3 und 4 sich die Werte von Thiosulfat-, Polysulfid- und Monosulfidschwefel je Versuchszeit aneinandergereiht vorfinden und daß eben dieselben Werte sich als Gramm in 100 ccm Originalbrühe verstehen, zumal sie auf der Grundlage der jeweiligen Analysenergebnisse der entsprechenden Versuchsbrühen unter Bezugnahme auf die Basis von 100 ccm Originalbrühe nach den Wöberschen Ansätzen berechnet wurden. Die Vertikalkolonnen 2—13 wieder beinhalten die den jeweiligen Gramm- bzw. Reihenwerten zugeordneten Versuchs-(Aussetzungs-)Zeiten von 0—7 Stunden, bzw. von 17, 18, 24 und 48 Stunden. Die in der Versuchszeit von 0 Stunden erstellten Analysenwerte sind als solche der Kontrolle anzusprechen, zumal sie sich auf die unbehandelt belassene Stammbrühe beziehen.

Wenn man nun nach diesen den Inhalt der Tabelle 1 erläuternden Worten zunächst einmal einen Blick auf die im Sinne der Versuchszeiten aneinander gereihten Thiosulfatwerte wirft, so fällt einem sofort auf, daß dieselben bis zur Versuchsstunde 7 in stetigem Anstiege begriffen sind, um dann im weiteren, aus rein versuchstechnischen Gründen nicht feststellbaren Zwischenzeitverläufe bis zu den zeitlich am ausgedehntesten Versuchen von 17 Stunden und noch mehr Aufbereitungszeit auf die Werte von 3,24—3,20 g wieder abzufallen. Es fragt sich nun, wieso dieses Auf und Ab überhaupt möglich ist und wie es etwa gedeutet werden könnte.

Der Verfasser war schon seinerzeit in der Lage, in seiner Arbeit über die Schwefelkalkbrühe (Phytopathologische Zeitschrift, 1937, loc. cit.) darauf hinzuweisen, daß sowohl bei dem unter dem Einflusse der Luftkohlensäure einhergehenden Zerfall des Schwefelkalkbrühefilmes als auch

im Rahmen einer oxydativen Umformung desselben eigentlich nur elementarer Schwefel, Calciumsulfat und Calciumkarbonat, beim oxydativen Zerfall im besonderen aber auch noch Calciumthiosulfat als Zwischenprodukt des Abbaues, letztlich auf den Pflanzenteilen haftend verbleiben können. Da nun in den ersten Aufbereitungsstunden in Auswirkung der oxydativen Umformung der Polysulfidkomponente primär und vorwiegend Thiosulfat als Zwischenprodukt des Umwandlungsprozesses aufscheint ($\text{CaS}_5 + 3\text{O} = \text{CaS}_2\text{O}_3 + 3\text{S}$), so mag es als erwiesen hingenommen werden, daß durch diesen stetigen Zuwachs an Thiosulfat der ursprünglich ermittelte Kontrollwert von 1,86 g Thiosulfatschwefel bis zu dem mit 5,60 g Thiosulfatschwefel erstellten Ergebnis des 7-Stunden-Versuches in sprunghaftem Anstiege in Erscheinung tritt. In dem Augenblicke aber, wo der Vorrat an abbaufähigem Polysulfidschwefel fast bis zum Verschwinden abgeschöpft ist und eine Thiosulfatanreicherung praktisch nicht mehr stattfinden konnte, war auch schon die Möglichkeit gegeben, daß der bereits in maskierter Form evident gewesene Zerfall schon ursprünglichen und als Ausgangsbestandsstoff vorhandenen Thiosulfatschwefels ($\text{CaS}_2\text{O}_3 + \text{O} = \text{CaSO}_4 + \text{S}$) durch den nunmehr hinzukommenden Abbau von dem als Zwischenprodukt primär und intermediär gebildeten Thiosulfatschwefel ($\text{CaS}_5 + 3\text{O} = \text{CaS}_2\text{O}_3 + 3\text{S}$; $\text{CaS}_2\text{O}_3 + \text{O} = \text{CaSO}_4 + \text{S}$) eine beträchtliche Verstärkung erfahren könnte. Im Blickfelde dieser Erwägungen ist es nun ein Leichtes, das Auf- und Abgleiten des Thiosulfatwertes als einwandfrei klargestellt hinnehmen zu können.

Ganz anders aber liegen die Verhältnisse beim Polysulfid- und Monosulfidschwefel. Hier kann im Verfolg jedes einzelnen Formelbildes bzw. in Auswirkung der Schemata:



nur ein unter allen Umständen abgleitender Zerfallsprozeß aufgezeigt werden. Dieser Erkenntnis entspricht auch die in den Horizontalspalten 3 und 4 aufscheinende Tendenz einer stetig zunehmenden Zerfallsbereitschaft, die in einer andauernden Abnahme der Polysulfid- und Monosulfidwerte ihren sinngemäßen Ausdruck findet. Nach den bei einer siebenstündigen Aufbereitungszeit erhaltenen Werten von nur mehr 0,37 g Polysulfidschwefel und 0,07 g Monosulfidschwefel können die im Verlaufe der folgenden Versuchszeiten tatsächlich auf 0 herabgesunkenen Analysenzahlen nicht mehr Wander nehmen.

Der Verfasser war nun bemüht, in die wie vorbesprochen erhaltenen Reihenwertmaße von Thiosulfat-, Polysulfid- und Monosulfidschwefel, die im Hinblick auf ihre Freilandsgebundenheit selbstverständlich keinen ideal bzw. einheitlich kurvenmäßigen Verlauf aufzeigen konnten, einigermaßen

Ordnung zu bringen. Zu diesem Zwecke wurde versucht, die durch graphische Darstellung vorerst skizzenhaft erhaltenen und bloß kurvenähnlichen Verlaufsbilder durch stellenweise geringfügige und interpolationsmäßige Korrektur einzelner Reihenwerte einem angestrebt idealen Kurvenbilde gleichzusetzen.

Dieser in praktischen Belangen zu vernachlässigende Eingriff in das ursprünglich erhaltene Analysenbild konnte umso unbedenklicher vorgenommen werden, als den im Verlaufe der Versuchsdurchführungen erhaltenen Analysenergebnissen im Hinblick auf ihre Abhängigkeit von den Trockenheits-, Feuchtigkeits- und Temperaturverhältnissen der einzelnen Versuchs- bzw. Tageszeiten ein nicht unbeträchtliches und die rein analytische Fehlergröße unbedingt übersteigendes Maß an Variationsbreite zugebilligt werden mußte. Darüber wird im Folgenden noch zu sprechen sein. Auf diese Weise war es also möglich, eine aus den Ergebnissen von Tabelle 1 abgeleitete und idealisierte Tabelle 2 zu erhalten, deren Aufbau nun im Nachfolgenden näher besprochen werden soll.

Tabelle 2.

Versuch	Stunden-zahl	Thio-sulfat-schwefel	Poly-sulfid-schwefel	Monosulfid-schwefel	Gesamt-schwefel	Poly-sulfid-stufe	Gesamt-stufe	Jodacid-reaktion
I	0	1,86	11,87	3,18	16,91	3,73	4,73	positiv
II	1	3,75	5,45	1,25	10,45	4,36	5,36	positiv
III	2	4,60	3,25	0,69	8,54	4,71	5,71	positiv
IV	3	5,06	2,13	0,42	7,61	5,07	6,07	positiv
V	4	5,32	1,40	0,27	6,99	5,18	6,18	positiv
VI	5	5,48	0,90	0,17	6,55	5,29	6,29	positiv
VII	6	5,55	0,58	0,11	6,24	5,27	6,27	positiv
VIII	7	5,60	0,37	0,07	6,04	5,29	6,29	positiv
IX	17	3,24	0,00	0,00	3,24	keine	keine	negativ
X	18	3,22	0,00	0,00	3,22	keine	keine	negativ
XI	24	3,20	0,00	0,00	3,20	keine	keine	negativ
XII	48	3,20	0,00	0,00	3,20	keine	keine	negativ

Tabelle 2 bringt in den Vertikalspalten 1 und 2 zunächst einmal die einzelnen Reihenversuche nach ihrer Versuchs- und Stundenzahl geordnet. Die senkrechten Kolonnen 3 bis 5 enthalten die der Tabelle 1 entnommenen und stellenweis interpolierten Reihenwerte von Thiosulfat-, Polysulfid- und Monosulfidschwefel. Die Vertikalspalte 6 bringt die aus der Summation von Thiosulfat-, Polysulfid- und Monosulfidschwefel errechneten Gesamtschwefelwerte. Die Spalten 7 und 8 beinhalten schließlich die ebenfalls errechenbaren Polysulfid- und Gesamtstufen, deren Begriffsbildungen der Verfasser in seiner früheren Arbeit über die Schwefelkalkbrühe (loc. cit.) bereits eingehend darlegen konnte. Die letzte Vertikal-

kolumne enthält die positiven oder negativen Ergebnisse der bei den einzelnen Versuchsanstellungen parallel durchgeführten mikrochemischen Jodacidreaktion. Über die genaue Durchführung dieser rein qualitativen Tüpfelmethode soll noch später eingehendst gesprochen werden. Vorläufig sei nur mitgeteilt, daß es mit Hilfe der von Feigl (3, 4) ausgearbeiteten Reaktion möglich war, den Zerfall bzw. Abbau der nach dem Bekämpfungsvorgang auf den Pflanzenteilen versprühten und dortselbst haftenden Schwefelkalkbrühe in Ermangelung bzw. unter Umgehung einer quantitativen Bestimmung der einzelnen Bestandsstoffe auf mikrochemischem Wege raschest und bestmöglich festzustellen und gleichzeitig auch das Ausmaß und den bereits erfolgten Fortschritt des Zerfallsprozesses qualitativ einwandfrei festzuhalten.

Das aus den Reihenwerten der Tabelle 2 aufgebaute Kurvenschema soll nun in der Abb. 1 in seinem bildhaften Verlaufe näher dargestellt werden.

Abb. 1 bringt zunächst einmal den Abfall von Monosulfid-, Polysulfid- und Gesamtschwefel in markanter Weise zum Ausdruck. Sie ist auch in der Lage, den bis zur Versuchsstunde 7 (Abszisse) festgehaltenen Anstieg von Thiosulfatschwefel in besonders eindrucksvoller bildlicher Gestaltung vor Augen zu führen. Der Verlauf der Polysulfidstufe ist ebenfalls als im

Anstieg begriffen aufgezeigt. Zur näheren Erklärung möge noch dienen, daß im Kurvenschema auf der Abszisse die Stundenzahlen (Versuchsdauer) und auf der Ordinate die entsprechenden Reihenwerte eingetragen sind. Die Darstellung der sich solcherart ergebenden Kurven wurde deshalb nur bis zur 7. Versuchsstunde fortgeführt, weil in Anbetracht der in Tabelle 2 vermerkten Reihenwerte der in erster Linie maßgebliche Polysulfidwert mit seinen 0,07 g Polysulfidschwefel im Verlaufe der Stundenzahl 7 praktisch bereits als mit 0 bezeichnet werden müßte.

Es ist schon einmal erwähnt worden, daß die wie vorbesprochen erhaltenen Wertmaße von Thiosulfat-, Polysulfid- und Monosulfidschwefel

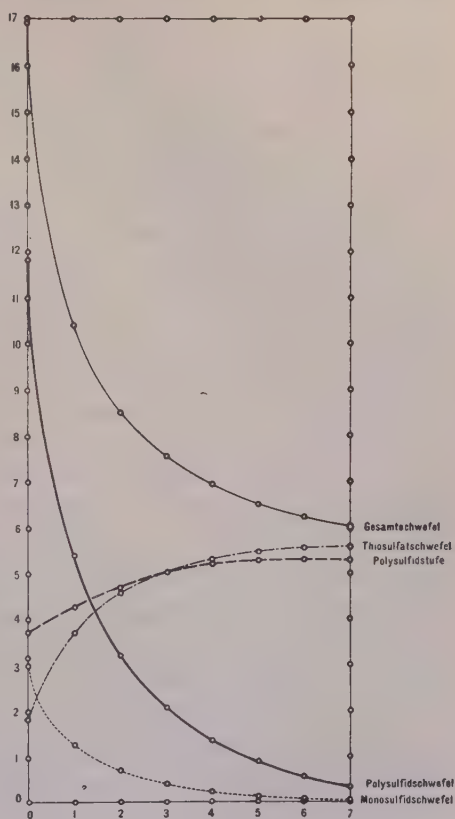


Abb. 1.

und zwangsläufig natürlich auch die daraus errechenbaren Gesamtschwefelwerte, sowie die ebenfalls ableitbaren Polysulfidstufen ein nicht unbeträchtliches Maß an Freilandsgebundenheit aufweisen, zumal sie im Hinblick auf ihre Abhängigkeit von den Trockenheits-, Feuchtigkeits- und Temperaturverhältnissen der einzelnen Versuchs- bzw. Tageszeiten in ihrem Kurvenbilde mehr oder minder steil verlaufen werden. Um bloß den maßgeblich insektiziden Verlauf des Polysulfidschwefelwertes herauszugreifen, soll zur Bedachtnahme aufgezeigt werden, daß der kurvenmäßige Verlauf des Polysulfidschwefels ein umso steilerer sein wird, je geringer der Feuchtigkeitsgehalt der Luft und je höher die Temperaturverhältnisse des entsprechenden Versuchstages sein werden. Denn es ist vollkommen klar, daß der Antrocknungs- und Umformungsprozeß umso rascher vor sich gehen wird, je trockener die Luft ist und in je höherem Maße die Versuchstemperatur vorherrscht. Es ist aber auch selbstverständlich, daß unter diesen Verhältnissen dann der Zerfallsvorgang als solcher ein beschleunigter sein wird und sein Kurvenbild derart auch auf eine relativ geringe stundenweise „Zerfallsbreite“ beschränkt bleibt.

Auf Grund seiner Versuchsergebnisse glaubt sich der Verfasser somit zur Annahme berechtigt, daß der hundertprozentige Zerfall wirksamen Polysulfidschwefels, auch unter Berücksichtigung einer entsprechenden und durch die Temperatur- und Trockenheitsverhältnisse bedingten „Zerfallsbreite“ bzw. zeitlichen Zerfallsspanne, zwischen der sechsten und zwölften Versuchsstunde mutmaßlich eintreten wird, so daß voraussichtlich etwa einen halben Tag nach dem Bekämpfungsvorgange mit einem Vorhandensein von wirksamen Polysulfidschwefelverbindungen, bzw. mit einem insektizidwirkenden Schwefelkalkbrühefilm kaum mehr gerechnet werden kann. Die fungizide Komponente des Sprühfilmes hingegen bleibt gemäß den vorerörterten Zerfallerscheinungen und im Hinblick auf das fast unbegrenzt lange Vorhandensein wirksamen elementaren Schwefels (Weinbergschwefel!) selbstverständlich weit über das Zeitmaß des 7-Stundenversuches hinaus auf voller Höhe.

Es gibt aber noch eine andere Möglichkeit, sich einen Einblick zu verschaffen, wieweit der zeitliche Ablauf des Zerfallsprozesses des Sprühfilmes schon gediehen wäre, und um feststellen zu können, ob der auf den Pflanzenteilen angetrocknete Sedimentbelag überhaupt noch Polysulfidverbindungen aufweist. Es ist schon eingangs erwähnt worden, daß als letzte Zerfalls- und Endprodukte des Abbaues lediglich Calciumkarbonat (CaCO_3), Calciumsulfat (CaSO_4) und elementarer Schwefel (S) aufscheinen bzw. als auf den Pflanzenteilen haftend verbleiben, zumal Schwefelwasserstoff (H_2S) und schwefelige Säure (SO_2) als gasförmige Stoffe entweder abströmen oder unter Bildung elementaren Schwefels in Reaktion treten können. Da nun unter den Endprodukten des Zerfalles das Vorhandensein von elementarem Schwefel als zweifellos vorherrschend bezeichnet werden

muß und solcherart die fungizide Komponente eines Schwefelkalkbrühe-filmes als in ihrer letzten Konsequenz schon gegeben erscheint, so bleibt nur mehr übrig, dem Abbau bzw. dem Schwundprozeß der ob ihrer maßgeblich insektiziden Wirkung als besonders wertvoll erachteten Polysulfidverbindungen eine gebührende Aufmerksamkeit zuzuwenden und ihr Abgleiten näher zu verfolgen.

In den letzten Jahren ist nun im chemischen Schrifttume (F. Feigl, 3) eine Methode (4) aufgezeigt worden, mit deren Hilfe es möglich erscheint, den Schwundprozeß bzw. das Abgleiten der Polysulfidverbindungen im Rahmen einer überaus geistvollen und zugleich einfachen chemisch-analytischen Mikro-(Tüpfel-)Methode exakt und einwandfrei zu erfassen.

Es handelt sich dabei um einen mikrochemischen, qualitativen Nachweis von Sulfiden (bzw. Polysulfiden) bei Gegenwart von Thiosulfat, Sulfat, Sulfit und freiem (elementarem) Schwefel. Der Tüpfelmethode liegt die erstmalig von Raschig beobachtete Tatsache zugrunde, daß Lösungen von Natriumacid (NaN_3) und Jod ($\text{KJ} \cdot \text{J}_2$) aufeinander ohne Einwirkung sind, daß aber durch Eintragen eines Kriställchens von z. B. Natriumsulfid oder Thiosulfat sofort eine stürmische Entwicklung von elementarem Stickstoff erfolgt, und zwar gemäß der Gleichung:



Da in der Reaktionsgleichung Sulfid als Reaktionsteilnehmer nicht aufscheint, so muß der Reaktionsverlauf unbedingt als der einer katalysierten Reaktion angesprochen werden. Nach Feigl (loc. cit.) handelt es sich hier um den Nachweis eines Katalysators (z. B. Sulfid) durch eine katalysierte Reaktion, mit deren Hilfe außerordentlich kleine Mengen von Sulfiden (bzw. Thiosulfaten) erfaßt werden können. Den inneren Reaktionsverlauf hat man sich etwa in der Richtung zu denken, daß die bekanntlich niemals jodbeständigen Sulfide durch Jod oxydiert werden und daß dieser Oxydationsvorgang, der selbstverständlich neben der Jodacidreaktion einhergeht, schließlich auch zum Verschwinden katalytisch wirksamen Sulfidschwefels führen muß. Vielleicht wird dabei das Jod durch eine inter-

mediäre Anlagerung an sulfidisch gebundenen Schwefel ($\text{S} \begin{array}{c} \swarrow \text{J} \\ | \\ \searrow \text{J} \end{array}$) in einen

besonders reaktionsfähigen Zustand übergeführt und solcherart gegenüber Natriumacid wirksamer gemacht. Das im Verlaufe der Reaktion sichtbare und mengenmäßig differenzierte Auftreten von Gasblasen (Stickstoff!) ist also ein Signal für die Anwesenheit mehr oder minder großer Mengen von Sulfid- bzw. Polysulfid- und Thiosulfatschwefel.

Da sich nun die Polysulfidverbindungen nur auf der Basis von Monosulfiden zu etablieren vermögen und auf Grund der seinerzeitigen Analyseergebnisse des Verfassers (1) immer dann, wenn Polysulfidschwefel nachweisbar war, zwangsläufig auch Monosulfidschwefel als vorhanden festgestellt

werden konnte, wird man der Jodacidreaktion nicht nur die Möglichkeit eines Nachweises von Sulfiden, sondern auch von Polysulfiden zusprechen müssen. Im Hinblick auf die wie im vorliegend abgehandelten Falle der Schwefelkalkbrühe gleichzeitige Anwesenheit von Calciumthiosulfat muß nur auf eine entsprechend zweckmäßige Isolierung der Sulfide bzw. Polysulfide Bedacht genommen werden (5), zumal der Nachweis von Sulfid (Polysulfid) mit Hilfe der Jodacidreaktion lediglich bei Abwesenheit von Thiosulfaten eindeutig ist. Die Absonderung der Sulfide bzw. Polysulfide erfolgt am einfachsten durch Fällung mit Kadmium- oder Zinknitrat. Hernach Filtration und sorgfältigste Waschung des Filtrationsrückstandes. Solcherart verbleibt ein Rückstand von unlöslichem, reaktionsbereitem Kadmiumsulfid (bzw. Kadmiumpolysulfid) und ebenso unlöslichem gegen Jodacid indifferenten Kadmiumsulfid und elementarem Schwefel. Kadmiumthiosulfat und Kadmiumsulfat sind als wasserlösliche Stoffe beim Filtrations- und Waschvorgang bereits völlig entfernt worden.

Im Anschluß soll nun die zum Zwecke der qualitativen Erfassung kleiner Sulfid-(Polysulfid-)Mengen vom Verfasser ausgearbeitete Versuchsanordnung, die in ihrem Aufbau für die besonderen Verhältnisse der Schwefelkalkbrühe gedacht ist, skizzenhaft wiedergegeben werden:

Die auf Glasplatten versprühte und dortselbst eingetrocknete bzw. mehr oder minder feucht belassene Schwefelkalkbrühe wird mit wenig Wasser aufgenommen und mit einer entsprechenden Menge von gelöstem Kadmiumnitrat ($\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$) versetzt.

Je nach der Sulfid-(Polysulfid)Konzentration entsteht eine deutliche Trübung bzw. ein manifester Niederschlag. Bleibt die Lösung klar, so ist kein abscheidbares Sulfid mehr vorhanden. Thiosulfat könnte aber gelöst anwesend sein und in der klaren Flüssigkeit durch die Jodacidreaktion auch nachgewiesen werden.

Man läßt die Trübung bzw. den Niederschlag zur Sedimentation kommen und filtriert. Der Filtrationsrückstand (CdS , S_4 , CdS , S elementar und eventuell CdSO_3) wird sorgfältigst gewaschen, damit das anhaftende und sich in Lösung befindende Kadmiumthiosulfat (CdS_2O_3) restlos entfernt wird.

Da das solcherart dem Filtrationsrückstand etwa noch anhaftende Kadmiumthiosulfat restlos entfernt ist, elementarer Schwefel und Kadmiumsulfid aber die Jodacidreaktion nicht stören, so kann dieselbe nunmehr anstandslos vorgenommen werden.

Zu diesem Zwecke wird eine entsprechende Menge des gewaschenen Filtrationsrückstandes auf ein peinlichst sauberes Uhrglas gebracht und in einiger Entfernung davon etwa 1—2 Tropfen der vorbereiteten Jodacidlösung. Man läßt nun die Jodacidlösung langsam und vorsichtig gegen die ungefähr in der Mitte des Uhrglases aufgebrachte Probesubstanz (Kadmiumrückstand) laufen und kann dann bei genauer Beobachtung beim Zusammentreffen eine mehr oder minder intensive Gasentwicklung (Stickstoff!) wahrnehmen. Das Auftreten gasförmigen Stickstoffes aber bestätigt untrüglich die Anwesenheit von Sulfid bzw. Polysulfid.

Bezüglich der in Anwendung gebrachten Jodacidlösung läßt sich folgendes mitteilen:

Bei Verwendung einer Lösung von 1 g Natriumacid, 1 g Kaliumjodid und einem Kriställchen Jod in 3 ccm Wasser lassen sich in einem Tropfen

der Probelösung noch 0,02% Sulfid erkennen, was einer Grenzkonzentration von etwa 1 : 2 500 000 entspricht. Zur Erreichung einer Erfassungsgrenze von 0,3% Sulfid (Grenzkonzentration 1 : 166 000) genügt als Reagens eine Lösung, die durch Zusatz von 3 g Natriumacid in 100 ccm 0,1 n Jodlösung jederzeit leicht und haltbar gewonnen werden kann.

Mit Hilfe der von Feigl ausgearbeiteten „Jodacidreaktion“ war es also möglich, den Zerfall bzw. Abbau der nach dem Bekämpfungsvorgange auf den Pflanzenteilen versprühten und dortselbst haftenden Schwefelkalkbrühe auf mikrochemischem qualitativen Wege einwandfrei festzustellen und gleichzeitig auch das schätzungsweise Ausmaß und somit den bereits erfolgten Fortschritt des Zerfallsprozesses zu ermitteln. Die diesbezüglichen Versuchsergebnisse sind in der Spalte „Jodacidreaktion“ auf Tabelle 2 fortlaufend vermerkt und bestätigen das Analysenergebnis der quantitativen Vorprüfung.

Zusammenfassend und schlußfolgernd kann also festgestellt werden, daß auf Grund der abgehandelten Versuchsergebnisse Berechtigung zur Annahme vorliegt, daß bei der Verwendung von Polysulfidbrühen der gänzliche Zerfall höchstwirksamen insektiziden Polysulfidschwefels auch unter Berücksichtigung einer entsprechenden, durch die Temperatur- und Trockenheitsverhältnisse bedingten Zerfallsbreite bzw. Zerfallsspanne zwischen der sechsten und zwölften Versuchsstunde mutmaßlich eintreten wird, so daß voraussichtlich etwa einen halben Tag nach dem Bekämpfungsvorgange mit einem Vorhandensein wirksamer Polysulfidschwefelverbindungen kaum mehr gerechnet werden kann. Daraus ergibt sich aber die einer entsprechenden theoretischen Grundlage kaum entbehrende Empfehlung, die Vornahme der Bekämpfungsmanipulation möglichst an kühlen Tagen anzusetzen und derart auch bei einem Luftfeuchtigkeitsgehalt, der ein rasches Antrocknen des Spritzbelages tunlichst verhindert. Diese Erkenntnis steht zwar mit den landläufigen Erfahrungen insbesondere bei der Verwendung von Kupferkalkbrühe in unbedingtem Widerspruche, ein Umstand, der aber nicht verhindern kann, gerade bei dem Anwendungsgebiete der Polysulfidbrühen auf deren in ihrer besonderen Eigenart verankerte Zerfallsbereitschaft mit gebührendem Nachdrucke hinzuweisen. Die fungizide Komponente des Sprühfilmes hingegen bleibt im Hinblick auf das fast unbegrenzt lange Vorhandensein wirksamen elementaren Schwefels selbstverständlich auf ein langes Zeitmaß hinaus auf voller Höhe.

Schriftenverzeichnis.

- 1 Reckendorfer, P. Die chemischen Grundlagen der Wirkungsweise der Schwefelkalkbrühe. *Phytopathologische Zeitschrift* 1937, Bd. 10, Heft 3, Seite 306—331.
 - 2 Wöber, A. Titrimetrische Bestimmung von Polysulfidschwefel neben Monosulfid- und Thiosulfatschwefel in der Schwefelkalkbrühe. *Chemiker-Zeitung* 1917, No. 83/84, Seite 569 ff.
Wöber, A. Titrimetrische Bestimmung von Polysulfidschwefel. *Zeitschrift für angewandte Chemie*, 1921, Jahrgang 34, Seite 73.
 - 3 Feigl, F. Qualitative Analyse mit Hilfe von Tüpfelreaktionen. Akademische Verlagsgesellschaft Leipzig, 1931, 1. Auflage. Seither bereits in mehrfacher Auflage erschienen.
 - 4 Raschig, F. *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft* 1915, 48, 2088.
Feigl, F. *Zeitschrift für analytische Chemie* 1928, 74, 369. 1928, 76, 376.
 - 5 Hamburg, L. und Weidenfeld, L. Siehe Feigl, F.: Qualitative Analyse mit Hilfe von Tüpfelreaktionen. Akademische Verlagsgesellschaft Leipzig, 1931, 1. Auflage, Seite 293.
-

Aus der Versuchsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau,
Wädenswil (Schweiz).

Direktor: Dr. Kurt Meier.

Infektionsversuche an Schnittlauch (*Allium Schoenoprasum* L.)
mit *Fusarium vasinfectum* Atk. var. *zonatum* (Sherb.)
und *Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc.

Von

Joh. Anliker.

Mit 3 Abbildungen.

Inhalt: Einleitung. — 1. Von Schnittlauch isolierte *Fusarium*-Arten. — 2. Infektionsversuche. — 3. Der Nachweis von Myzel in dem Gewebe infizierter Schnittlauchpflanzen. — 4. Zusammenfassung und Schlußfolgerung.

Einleitung.

Im Juli 1936 wurde von einer Gärtnerei in Zürich eine Probe erkrankten Schnittlauchs eingesandt. Die Untersuchung ergab die Anwesenheit von Stengelälchen, *Anguillulina dipsaci* (Kühn) Gerv. et v. Ben. (Syn. *Tylenchus devastatrix* Kühn), die sich vorwiegend an den untern Stengelpartien zwischen den mehr oder minder vermorschten Blattröhren aufhielten. Außerdem fand Herr Dr. Wiesmann, Entomologe an der Versuchsanstalt in Wädenswil, dem ich die Überlassung des Materials verdanke, mit den Älchen vergesellschaftet zahlreiche *Fusarium*-Sporen. Einzelne der Blatt- und Stengelstücke waren an der Basis von einem weißlichen Myzel überzogen, an welchen Stellen sich meist reichlich Konidien nachweisen ließen.

Während die Schädigung von Schnittlauch durch Älchen der genannten Art bekannt ist (Kirchner, 1923, Steiner und Buhrer, 1932, Goodey, 1933), galt die Pflanze bisher gegenüber dem Angriff durch *Fusarium* als immun (Wollenweber und Reinke, 1935). Es stellte sich somit die Frage, ob die Erkrankung des Schnittlauchs primär durch Älchen und erst sekundär durch *Fusarium* hervorgerufen wird, oder ob auch *Fusarium*-Arten allein Schnittlauch zu infizieren vermögen. Um diese Frage zu klären, wurden einige Infektionsversuche ausgeführt, die nachstehend besprochen werden.

1. Von Schnittlauch isolierte *Fusarium*-Arten.

Aus dem in feuchten Kammern gehaltenen Material konnten zwei *Fusarium*-Arten isoliert werden: *Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc. und *Fusarium vasinfectum* Atk., var. *zonatum* (Sherb.), f. 1 (Lk. et Bail.) Wr. Herr Dr. H. W. Wollenweber in Berlin prüfte die Bestimmung beider Pilze in freundlicher Weise nach, wofür ihm auch an dieser Stelle bestens gedankt sei.

Eine 50 Tage alte Kultur von *Fusarium vasinfectum* var. *zonatum* auf Hafermehlagar ergab die folgenden Sporenmaße:

3—sept.	$39,3 \pm 0,41 \times 3,7 \pm 0,03 \mu$	(32,0—43,2 \times 3,2—4,1 μ)	50 Sporen
4—sept.	$40,5 \pm 0,29 \times 3,7 \pm 0,02 \mu$	(33,8—48,9 \times 2,8—4,1 μ)	100 Sporen
5—sept.	$42,2 \pm 0,39 \times 3,7 \pm 0,03 \mu$	(34,8—47,0 \times 3,4—4,1 μ)	50 Sporen
6—sept.	$46,2 \times 3,9 \mu$	(41,4—50,8 \times 3,8—4,1 μ)	vereinzelte Sporen.

Der Pilz bildet auf Hafermehlagar reichlich lachs-ockerfarbige Sporodochien und gelblichbraune bis schwärzlichgrüne Sklerotien aus; aromatischer Fliederduft wurde nicht wahrgenommen. Die meisten Konidien weisen 4 Septen auf; 3- und 5-septierte Sporen sind annähernd in gleicher Zahl vorhanden. Gegen die Zugehörigkeit zu *Fusarium oxysporum* Schl., fr. 7 Wr., das ähnliche Wachstumsbilder zeigt, sprechen die für diesen Pilz zu schlanken Sporen (Abb. 1).

Konidien von *Fusarium avenaceum* auf Hafermehlagar (Alter 62 Tage) maßen:

3—sept.	39,0	$\times 2,1 \mu$
4—sept.	$44,3 \pm 0,69$	$\times 2,4 \pm 0,05 \mu$
5—sept.	$47,6 \pm 0,34$	$\times 2,4 \pm 0,03 \mu$
6—sept.	53,4	$\times 2,2 \mu$

Die ermittelten Maße stimmen mit den von Wollenweber und Reinking angegebenen gut überein.

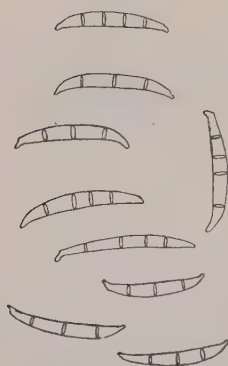


Abb. 1.
Sporen von
Fusarium vasinfectum *zonatum*, f. 1.
74 Tage alt,
auf Hafermehlagar.
Vergr. 500 \times .

2. Infektionsversuche.

Vorversuche mit *Fusarium vasinfectum zonatum*, f. 1.

Durch zwei kleine Versuche wurde geprüft, ob sich mit den gebräuchlichen Methoden eine Infektion bei Schnittlauch erzielen lasse. Auf ein sterilisiertes Gemisch von Komposterde und Torfmull säten wir je 10 ccm Schnittlauchsaamen aus. Die Infektion erfolgte durch Verstäuben von rund 100 ccm konzentrierter Sporenaufschwemmung direkt auf die Saamen (Alter der Kulturen 71 Tage). Die Kontrolle erhielt an Stelle der Sporensuspension zirka 100 ccm Wasser. In beiden Fällen wurden die Saamen leicht mit dem Torfmull-Komposterde-Gemisch zugedeckt, die Kistchen in das Warmhaus gebracht und alle Tage einmal begossen. Anfänglich verblieben beide Gefäße während rund $4\frac{1}{2}$ Tagen unter einem mit Zellophan bespannten Rahmen, um das Auswachsen der Sporen in feuchtigkeitsgesättigter Luft zu ermöglichen. Die Temperatur im Gewächshaus betrug am Morgen und Abend durchschnittlich $19,6^{\circ}\text{C}$; Maximum $31,0^{\circ}\text{C}$, Minimum $11,3^{\circ}\text{C}$. Nach 37 Tagen erreichte das Lufttrockengewicht der Kontrollpflanzen 6,1 g (100%), das der infizierten Pflanzen dagegen 4,45 g (72,9%). Die Infektion äußerte sich also in der Verminderung des Luft-

trockengewichtetes um rund 27 %. Im Gegensatz zu den infizierten Reihen fielen die Pflanzen der Kontrolle durch ihre meist größere Länge, ihre sattgrüne Farbe sowie durch ihren gleichmäßig dichten Bestand auf. Gleichzeitig mit dem oben beschriebenen Versuch säten wir in vier Blumentöpfe auf sterilisiertes Kompost-Torfmul-Gemisch je 200 ausgesuchte Schnittlauchsaamen aus und infizierten diese in zwei Fällen durch Übersichten mit je einer möglichst fein zerteilten Kultur von *Fusarium vasinfectum zonatum*. Die verwendeten Kulturen enthielten reichlich Konidien und Sklerotien. Die darauf geschichtete Deckerde, aus gleichem Gemisch bestehend, wurde zum Schlusse leicht angefeuchtet. Nach 33 Tagen ergaben die Kontrollen im Mittel 111 lebende Pflanzen (100 %) gegenüber 84,5 Pflanzen bei den infizierten Töpfen (75,7 %). Die Infektion bewirkte also auch hier eine Reduktion der Pflanzenzahl um rund 25 %. Sonstige Unterschiede zwischen infizierten Pflanzen und Kontrollen waren nicht zu beobachten; die ersten zeigten höchstens etwas mehr verdorrte, dem Boden aufliegende Blätter.

Hauptversuche mit *Fusarium vasinfectum zonatum* und *Fusarium avenaceum*.

Nachdem die Vorversuche erwiesen hatten, daß mit den üblichen Methoden ein deutlicher Infektionserfolg zu erzielen sei, wurden die folgenden Versuche ausgeführt.

Versuchsnummer	Infektionsart
a) Versuche mit <i>Fusarium vasinfectum zonatum</i>.	
1	Auf schwach mit Erde bedeckte Samen eine fein zerriebene, 77 Tage alte Kultur von <i>Fusarium vasinfectum zonatum</i> . Deckerde 1 cm hoch. Kontrolle an Stelle der <i>Fusarium</i> -Kultur unbeimpfter Nährboden. Je 400 Samen.
2	Zunächst normale Aussaat. Infektion nach 14 Tagen durch Verstäuben einer konzentrierten Konidien suspension auf die 5 cm langen Pflanzen. Hierauf 18 Stunden unter einer Glasglocke, worauf zweite Infektion mit einer etwas stärkeren Aufschwemmung; zum Schluß noch 5 Stunden unter Glasglocke. Kontrollen mit Leitungswasser bespritzt. Je 400 Samen.
3	Infektion gleichzeitig mit der Saat. Die sehr schwach mit Erde bedeckten Samen angefeuchtet und durch Verstäuben einer konzentrierten Konidien suspension infiziert. Deckerde 1 cm hoch. Kontrollen mit Leitungswasser bespritzt. Je 400 Samen.
5b	Infektion wie Versuch 5 a, jedoch mit <i>Fusarium vasinfectum zonatum</i> allein (Kontrolle zu Versuch 5 a). Je 200 Samen.
b) Versuche mit <i>Fusarium avenaceum</i>.	
4	Infektionsart wie bei Versuch 3, ergänzt durch eine zweite Infektion mit schwächerer Sporenaufschwemmung auf die Deckerde. Konidien 23 Tage alt. Je 400 Samen.
c) Versuche mit gleichzeitiger Infektion mit <i>Fusarium vasinfectum zonatum</i> und <i>Fusarium avenaceum</i>.	
5a	Mischinfektion durch Verstäuben einer konzentrierten Sporenaufschwemmung, die das Material von 5 konidienreichen Kulturen von <i>Fusarium vasinfectum zonatum</i> und 5 Kulturen von <i>Fusarium avenaceum</i> enthielt. Der Anteil der Sporen von <i>Fusarium vasinfectum</i> war größer als derjenige von <i>Fusarium avenaceum</i> . Infektionsart im übrigen gleich wie bei Versuch 4. Als Kontrolle wurde der Versuch 5 b mit <i>Fusarium vasinfectum</i> allein unter sonst übereinstimmenden Bedingungen angelegt 200 Samen.

Für alle Versuche, die in fünffacher Wiederholung angelegt wurden, stand eine ausreichende Menge von käuflichem Schnittlauchsamen zur Verfügung. In den mit je 400 Samen besäten Töpfen der Versuche 1—4 trat entgegen der Erwartung kein dichter Pflanzenbestand auf; im allgemeinen waren die Pflanzen sogar etwas schwächer. Aus diesem Grunde verwendeten wir bei Versuch 5 wiederum 200 Samen je Topf zur Aussaat.

Die Versuchserde stellte wie in den Vorversuchen ein Gemisch von Torfmoß und Kompost dar, das während 15 Minuten mit Dampf sterilisiert worden war. Der Gehalt an Humusstoffen betrug rund 7 %, doch wechselte er von Versuch zu Versuch etwas. So enthielt die Erde des Versuches 4 bedeutend mehr organische Bestandteile. Die Reaktion der Versuchserde muß als schwach alkalisch bezeichnet werden (pH 7,17—7,63).

Die Versuchsergebnisse sind in Tabelle 1 übersichtlich zusammengestellt. Die schädigende Wirkung der Pilze äußerte sich in den vorliegenden Versuchen wiederum hauptsächlich in der Zahl der Pflanzen. Die infizierten Reihen fielen meist durch eine kleinere Pflanzenzahl auf (Kolonne 1 und 3). Außerdem war vielfach auch eine geringere Pflanzenhöhe festzustellen. Verdorrte Blätter, wie sie in den Vorversuchen auftraten, kamen sowohl bei den infizierten Reihen wie bei den Kontrollen vor, dagegen waren bei jenen mehr kleine, stärker oder schwächer verkrüppelte Pflanzen zu beobachten. Entsprechend der Pflanzenzahl verhält sich auch der Ertrag, ausgedrückt in Milligramm Lufttrockengewicht (Kolonne 6 und 8). Die Kolonnen 2 und 7 der Tabelle enthalten die auf die Kontrollen bezogenen prozentualen Pflanzenzahlen und Lufttrockengewichte.

Als Kriterium für die Sicherheit der Differenz (D) zweier Serienmittelwerte (Kolonne 4 und 9) wurde der zugehörige mittlere Fehler (m_D) berechnet, nach der Formel:

$$m_D = \sqrt{m_1^2 + m_2^2}.$$

Dabei bedeuten m_1 und m_2 die mittleren Fehler der Serienmittelwerte. Der Unterschied D gilt bekanntlich dann als gesichert, wenn er mindestens gleich groß oder größer ist als das Dreifache seines mittleren Fehlers (Kolonne 5 und 10).

Die Versuchsergebnisse zeigen, daß die 14 Tage nach der Aussaat vorgenommene Infektion keinen Erfolg hatte. Die Zahl der noch lebenden infizierten Pflanzen bei Abbruch des Versuches war um rund 8 % kleiner als die der Kontrolle. Dagegen bewirkte die gleichzeitig mit der Saat erfolgte Infektion der Versuche 1, 3, 4 und 5 einen bedeutenden Rückgang der Pflanzenzahl sowie des Lufttrockengewichtes.

Die Infektion mit *Fusarium vasinfectum zonatum* vermochte im Durchschnitt der Versuche 1, 3 und 5 b die Zahl der lebenden Pflanzen um rund 26 % und das Lufttrockengewicht um 32 % zu vermindern. Die Unterschiede zwischen Infektion und Kontrolle sind indessen nur bei Versuch 5 b gesichert.

Tabelle 1.
Versuchsergebnisse.

Nummer des Versuchs	Temperaturen				Anzahl lebende Pflanzen					Lufttrockengewicht				
	Versuchsdauer Tage	Morgen °C	Abend °C	Minimum °C	Maximum °C	Infizierte Reihe		Kontrolle	D	3 mD	Infizierte Reihe		Kontrolle	D mg
						Pflanzenzahl	%				mg	%		3 mD
1	41	20,6	23,6	14,8	38,1	47,2 ± 4,81	68,6	68,7 ± 16,37	21,5	± 51,18	156 ± 21,3	67,1	232 ± 56,2	76
2	43	20,6	23,8	14,8	39,5	123,4 ± 14,57	91,8	134,4 ± 2,55	—	—	—	—	—	—
3	49	21,2	23,7	14,0	39,5	103,0 ± 11,64	79,0	130,4 ± 7,52	27,4	± 41,58	333 ± 35,7	75,2	443 ± 23,9	110
5b	42	19,0	23,3	11,3	32,7	110,2 ± 7,07	73,4	150,2 ± 5,05	40,0	± 26,06	840 ± 54,8	61,6	1363 ± 78,8	523
4	39	21,9	26,2	14,0	42,3	48,4 ± 4,30	50,2	96,4 ± 9,6	48,0	± 31,56	—	—	—	—
5a	42	19,0	23,3	11,3	32,7	105,8 ± 8,21	70,5	150,2 ± 5,05	44,4	± 23,93	805 ± 77,7	59,1	1363 ± 78,8	558
														332,0

Eine auffallend stärkere Infektionswirkung konnte mit *Fusarium avenaceum* erzielt werden (Versuch 4). Die Differenz von rund 50 % zwischen infizierten Reihen und Kontrollen ist einwandfrei erwiesen. (Durch ein Versehen gingen die Resultate der Lufttrockengewichte verloren.) Die infizierten Pflanzen zeigten das nämliche Bild wie bei den Versuchen mit *Fusarium vasinfectum zonatum*.

Da die Infektion der Schnittlauchsamens mit *Fusarium vasinfectum zonatum*, wie besonders die Infektion mit *Fusarium avenaceum* eine deutliche Abnahme der Pflanzenzahl ergeben hatte, lag die Vermutung nahe, daß sich die pathogene Wirkung durch eine gleichzeitige Infektion mit beiden Arten noch steigern lasse. Um diese Frage zu klären, wurde der Versuch 5a angelegt. Versuch 5b (Infektion mit *Fusarium vasinfectum* allein) erlaubt einen direkten Vergleich mit den früheren Versuchen.

Das Ergebnis dieses Versuches entspricht den angedeuteten Erwartungen nicht. Hatte die Infektion mit *Fusarium vasinfectum zonatum* die Zahl der Pflanzen auf durchschnittlich 74 % (Versuche 1, 3 und 5b), die mit *Fusarium avenaceum* auf rund 50 % heruntergedrückt, so vermochte die gleichzeitige Infektion mit beiden Arten nur einen Ausfall von rund 30 % herbeizuführen. Die infizierte Versuchsreihe weist demnach mit 70,5 % ungefähr den gleichen Prozentsatz der lebenden Pflanzen auf, wie dies in den Versuchen mit *Fusarium vasinfectum zonatum* der Fall gewesen war. Die prozentuale Einbuße des Lufttrockengewichtes hebt sich mit 41 % wohl etwas von den Ergebnissen der Versuche 1 (33 %) und 3 (25 %) ab, unterscheidet sich jedoch kaum von dem entsprechenden Wert des Vergleichsversuches 5b (38,4 %). Die gleichzeitige Infektion mit *Fusarium vasinfectum zonatum* und *Fusarium avenaceum* hat ungefähr gleich stark gewirkt wie die mit *Fusarium vasinfectum* allein. *Fusarium avenaceum* verursachte einen wesentlich größeren Ausfall der Pflanzenzahl (50 %). Von einer Summierung der Schädigung durch die beiden Pilze kann somit nicht gesprochen werden.

3. Der Nachweis von Myzel in dem Gewebe infizierter Schnittlauchpflanzen.

Hatten alle Versuche gezeigt, daß die beiden zur Infektion herangezogenen *Fusarium*-Arten nachteilig auf die Keimung der Schnittlauchsamens und die jungen Pflanzen einwirken, so war noch zu prüfen, ob das Myzel in das Gewebe der jungen Pflanzen eindringt. An Hand von Material aus mehreren Versuchen konnten durch Einlegen der kleinen Pflanzenstücke und der Handschnitte in eine Lösung von Laktophenol-Baumwollblau und nachheriges Differenzieren in Milchsäure mehrfach Pilzhypphen in verschiedenen Teilen der Pflanzen nachgewiesen werden. Vor allem wurden für diesen Zweck verbogene Stengel- und Wurzelstücke verwendet.

Das Vorkommen von Myzel scheint nicht an bestimmte Gewebeteile gebunden zu sein. Mehrfach ließen sich Hyphenstücke in den epidermalen Partien der Blätter und Wurzeln feststellen, doch wurde auch in der Nachbarschaft der Gefäße verhältnismäßig oft Myzel gefunden. Entweder folgten hier die Hyphen mehr oder weniger regelmäßig den Bastfasern oder sie verliefen in unmittelbarer Nähe der Tracheen (Abb. 2). Nur einmal konnte mit Sicherheit ein von Myzelfäden durchzogenes Gefäß beobachtet werden. Die für Ascomyceten charakteristische Septierung der Hyphen war nicht immer zu erkennen, doch stand sie in einigen Fällen außer Zweifel (Abb. 3).



Abb. 2.
Hyphenstücke
einem Spiralgefäß folgend.
Aus Versuch 3 (infizierte Reihe).
Vergr. 300×.

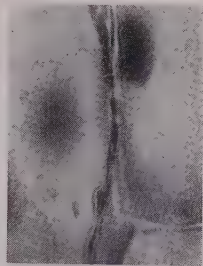


Abb. 3.
Septierte Hyphe in dem Rindengewebe
der Stengelbasis.
Aus Versuch 1 (infizierte Reihe).
Vergr. 480×.

Nach diesen Untersuchungen zu schließen, könnte das Eindringen der Pilzhypen in das Gewebe der Keimpflanzen die Schädigung des Schnittlauchs bedingen, doch scheint nicht ausgeschlossen zu sein, daß eine toxische Wirkung von Stoffwechselprodukten der Fusarien mit im Spiele ist. Der Ausfall an Pflanzen in den infizierten Reihen deutet darauf hin.

Im Anschluß an den Nachweis von septiertem Myzel in dem Gewebe der infizierten Pflanzen war noch zu beweisen, daß die beobachteten Pilzhypen wirklich zu den bei der Infektion verwendeten *Fusarium*-Arten gehörten. Zu diesem Zweck wurden kleine, der Länge nach gespaltene Stücke aus mehr oder weniger gebräunten und verbogenen Stengeln und Wurzeln der verschiedenen Versuche während 30—60 Sekunden oberflächlich in 1% Sublimatlösung sterilisiert, in sterilem Wasser abgespült und auf Malzagarplatten ausgelegt. In den meisten Fällen entwickelte sich innerhalb von 2 Tagen rötlich-violett gefärbtes Myzel in der Umgebung der Stengel- und Wurzelstücke. Nach Übertragung auf Hafermehl-agar bildete ein großer Teil der Pilze reichlich Sporen, die zur Herstellung der Reinkulturen dienten. Auffallenderweise erhielten wir dabei *Fusarium vasinfectum zonatum* aus den infizierten Reihen (15×) wie aus den

Kontrollen annähernd in gleicher Zahl ($14 \times$). Dagegen ließ sich vorwiegend aus infizierten Pflanzen mehrfach ein Pilz isolieren ($19 \times$), der sich gegenüber *Fusarium vasinfectum zonatum* durch das Fehlen von Sklerotien und typischen Sporodochien — die Konidien entstehen ausschließlich in pionnotalen Lagern — auszeichnet. Die Bestimmung dieses Pilzes wie anderer weniger häufig isolierter Formen steht zur Zeit noch aus.

4. Zusammenfassung und Schlußfolgerung.

- a) Von Schnittlauch, der von Aelchen (*Anguillulina dipsaci* [Kühn] Gerv. et v. Ben.) befallen war, konnten 2 Pilze isoliert werden: *Fusarium vasinfectum* Atk., var. *zonatum* (Sherb.), f. l (Lk. et Bail.) Wr. und *Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc.
- b) Infektionsversuche mit *Fusarium vasinfectum zonatum* ergaben gegenüber den Kontrollen eine Abnahme der Pflanzenzahl von durchschnittlich 26 % ($32-21\%$) und eine Verminderung des Lufttrockengewichtes um rund 32 % ($25-38\%$). Die Infektion mit *Fusarium avenaceum* bewirkte einen Ausfall in der Zahl der Pflanzen von 50 %.
- c) Gleichzeitige Infektion mit *Fusarium vasinfectum zonatum* und *Fusarium avenaceum* erzeugte keine Verstärkung des Befalls. Die Einbuße an Lufttrockengewicht und Pflanzenzahl entsprach den Versuchen mit *Fusarium vasinfectum zonatum* allein.
- d) Im Gewebe der infizierten Schnittlauchpflanzen ließ sich in zahlreichen Fällen septiertes wie unseptiertes Myzel nachweisen.
- e) Aus oberflächlich sterilisierten, gebräunten und verbogenen Pflanzenteilen der infizierten Reihen wie der Kontrollen konnten die beiden zur Infektion verwendeten *Fusarium*-Arten wieder isoliert werden. Daneben traten auch andere, noch zu bestimmende Formen auf.
- f) Mit diesen Untersuchungen dürfte die primäre Anfälligkeit von Schnittlauch (*Allium Schoenoprasum* L.) gegenüber *Fusarium vasinfectum zonatum* und *Fusarium avenaceum* bewiesen sein.

Schriftenverzeichnis.

- Goodey, T. Plant parasitic Nematodes and the diseases they cause. London, 1933, p. 63.
- Kirchner, O. v. Die Krankheiten und Beschädigungen unserer landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Stuttgart, 1923, S. 343.
- Steiner, G. and Buhrer Edna, M. A list of plants attacked by *Tylenchus dipsaci*, the bulb or stem Nema. The plant disease reporter, 16, No. 8, 1932, p. 77.
- Wollenweber, H. W. und Reinking, O. A. Die Fusarien, ihre Beschreibung, Schadwirkung und Bekämpfung. P. Parey, Berlin, 1935.

Kurze Mitteilungen.

Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung der Technischen Hochschule,
Dublany bei Lwów, Polen.

Die Empfänglichkeit des Weizens für den Braunrost *Puccinia triticina* Erikss.

Von Eugeniusz Ralski.

Der Weizenbraunrost gehört zu den Rostarten, die in Polen am meisten verbreitet sind und den größten Schaden verursachen. Er kommt alljährlich vor, wobei die Befallsstärke von dem Verlauf der klimatischen Verhältnisse abhängig ist. Gewöhnlich erscheint er bereits im Herbst auf dem Winterweizen, auf welchem er von den Ernteresten und Ausfallpflanzen von der Stoppel herüberkommt. Während der Winterzeit hört die Entwicklung des Weizenbraunrostes auf, sie macht sich erst im Frühjahr verhältnismäßig spät, gegen Mitte Mai bemerkbar. Der Braunrost überwintert leichter, wenn der Winter einen milden Verlauf hat, und die ersten Uredopusteln kann man schon Ende April wahrnehmen. Im strengeren Winter wird das Dauermyzel gewöhnlich vernichtet. In solchen Bedingungen kann der Rost die starken Fröste nur in vereinzelten Fällen überdauern. Der Weizenbraunrost überwintert gewöhnlich in Polen in einem nicht beträchtlichen Umfange, und zwar meistens im Uredomyzelstadium.

In manchen Gegenden Polens findet keine Herbstinfektion des Weizens statt, besonders wenn er spät gesät ist, weswegen der Weizenbraunrost erst gegen Ende Mai zum Vorschein kommt. Diese Rostart tritt im östlichen Polen stärker auf, was mit ihrer geographischen Verbreitung in Europa in guter Übereinstimmung steht.

Von Mitte Mai ab nimmt die Entwicklung des Weizenbraunrostes ständig zu, wobei der Rostbefall von den unteren zu den höheren Blättern fortschreitet. Die stärkste Intensität der Uredopustelbildung ist zu zwei Zeitpunkten sichtbar: in der Zeit, wo die Pflanzen der Erde noch anliegen, das ist vor dem Schossen selbst und sofort nach der Blütezeit des Weizens, bis zur Milchreife. Während des Schossens und Ährenschiebens ist eine Hemmung der Rostintensität erkennbar. In der Blütezeit sieht man den stärksten Rostbefall der mittleren Weizenblätter; während der Grünreife geht der Befall auf die höheren Blätter über, wobei die unteren Blätter vertrocknen. Von der Milchreife des Weizens ab erfolgt normalerweise die Bildung von Teleutosporen.

Die Infektion von *Thalictrum*-Arten mit Weizenbraunrost im Freilande war in Polen noch nicht festgestellt worden; dieser Zwischenwirt ist also fast ohne Bedeutung.

Die Feldbeobachtungen über die Empfänglichkeit des Weizens für Braunrost sind in den Jahren 1935—1937 auf den Versuchspartzellen des Institutes für Pflanzenzüchtung der Lemberger Technischen Hochschule in Dublany durchgeführt worden. Sie beziehen sich auf die Weizenkollektion, die dort seit einer Reihe von Jahren angelegt und alljährlich ergänzt wurde. Die Weizensorten sind meistens in reinen Linien angebaut, auf Lößlehm bei tieferem Vorkommen des Kalkes.

Die Empfänglichkeit des Weizens wurde nach der Skala von Mains und Jackson (1926) geschätzt und siebenmal während der Vegetation in Zeitabständen von 7 bis 14 Tagen aufgezeichnet. Die Ergebnisse wurden auf Tabellen 1—10 notiert. Dabei wurden die Angaben über die Entwicklungsgeschwindigkeit der einzelnen Sorten, sowie bei den polnischen Weizen über Behaarung der Blätter aufgeführt.

Die Untersuchungen umfassen über 400 Weizensorten, sowohl polnischer wie ausländischer Herkunft, die verschiedenen Arten und botanischen Formen angehören. Die Gruppierung der einzelnen Weizenarten bzw. Varietäten erfolgte nach der systematischen Zusammenstellung von Körnicke, und zwar in der Reihenfolge je nach Anzahl der entsprechenden Formen.

Wie aus den Beobachtungen ersichtlich ist, erwiesen sich als anfällig gegenüber Braunrost (*Puccinia triticina*) vor allem die 42-chromosomalen Weizenarten. Von diesen ist entschieden am anfälligsten der *vulgare*-Weizen, der auch die größten Differenzen in der Empfänglichkeit für den Braunrost aufweist. Innerhalb dieser Art wurden gegen 300 Weizensorten von fast allen botanischen Formen untersucht. In ähnlichem Grade anfällig ist der Zwergweizen, *Triticum compactum*, dessen Sommerformen im Gegensatz zum *vulgare*-Weizen für den Braunrost empfänglicher sind als die Wintersorten. Einen besonders starken Rostbefall zeigte der Zwergweizen während der Grünreife des Kornes. Der Spelzweizen, *Triticum spelta*, ist im allgemeinen für den Braunrost mäßig empfänglich. Der indische Weizen, *Triticum sphaerococcum*, wurde als etwas resistenter als die vorgenannten Arten befunden, obwohl allerdings einige von seinen Varietäten ebenfalls eine mäßige Anfälligkeit gegen Weizenbraunrost zeigten.

Die 28-chromosomalen Weizenarten *Triticum dicoccoides* und *Triticum dicoccum* erwiesen sich als sehr widerstandsfähig gegen Braunrost mit einheitlichem Infektionstypus. Der Hartweizen, *Triticum durum*, der polnische Weizen, *Triticum polonicum*, und der englische Weizen, *Triticum turgidum*, sind bis zu einem gewissen Grade gegen Braunrost resistent. Der häufigste Infektionstypus war bei diesen Weizenarten 1—2 oder 2—3. Hochgradig widerstandsfähig war in dieser Gruppe nur *Triticum Timopheevi*, ein Weizen, der sich gegen verschiedene Krankheiten als resistent erwies. Bei *Triticum orientale* und *Triticum pyramidale* fand man eine große Verschiedenheit in der Empfänglichkeit für den Weizenbraunrost; es sind hier sowohl sehr resistente wie auch mäßig anfällige Varietäten vertreten.

Die 14-chromosomalen Weizenarten: *Triticum aegilopoides* und *Triticum monococcum* zeichnen sich durch hochgradige Widerstandsfähigkeit gegen Braunrost aus.

Die Weizensorten der einzelnen botanischen Formen innerhalb der oben angeführten Arten zeigten keine besonderen Unterschiede in ihrer Empfänglichkeit für den Braunrost. Vielleicht zeichnen sich nur die Sommerweizensorten im allgemeinen durch eine größere Resistenz aus als die Winterformen.

Von den polnischen Weizensorten gelang es auf Grund der Feldbeobachtungen überhaupt nicht, eine Sorte ausfindig zu machen, die sich durch eine völlige Resistenz gegenüber Braunrost auszeichnete. Mäßig widerstandsfähig fand man nur den Winterweizen „Ostka Grubokłosa“, dagegen von den Sommerformen sehr

widerstandsfähig die „Puławska Twarda“. Die anderen Weizensorten sind mäßig oder sehr empfänglich für den Braunrost. Von den ausländischen Weizensorten verdient *Carman 1*. (Infektionstypus 1—2), sowie *Rikun* (Infektionstypus 1—2) erwähnt zu werden. Alle übrigen Weizensorten, darunter auch die von anderen ausländischen Autoren als widerstandsfähig bezeichneten Sorten, erwiesen sich in den klimatischen Verhältnissen Polens als anfällig gegen Braunrost.

Um die Ergebnisse der Beobachtungen zu ergänzen, wurde ebenfalls die physiologische Spezialisierung des Weizenbraunrostes untersucht. Der Braunrost, welcher in den Jahren 1935 und 1936 die genannten Weizensorten befallen hat, bestand aus einer Population mehrerer physiologischer Formen. Auf Grund von Analysen einer größeren Anzahl der Rostproben gelang es dem Verfasser, die Formen XIII, XX und XXI auszusondern. Die Rostrassen XVIII und XXIV, die nur in einem einzigen Falle isoliert wurden, scheinen für die polnischen Verhältnisse nicht wesentlich zu sein. Im Jahre 1935 war die Form XIII überwiegend und am meisten verbreitet, während im nächsten Jahre, 1936, die meisten Rostanalysen die Anwesenheit der physiologischen Form XX erwiesen.

Die Bestimmung der physiologischen Formen erfolgte mittels reiner Rostlinien, die aus einer isolierten Uredopustel gewonnen waren. Zur Identifizierung der physiologischen Formen wurden 8 Standardweizen nach dem Schlüssel von Johnston und Mains (1932) benutzt.

Schriftenverzeichnis.

- Johnston, C. O. and Mains, E. B. Studies on physiologic specialization in *Puccinia triticina*. U. S. Dept. Agr., Washington. 1932. Techn. Bull. Nr. 313
Körnicker, F. Handbuch des Getreidebaues. Arten und Varietäten des Getreides. Berlin 1885.
Mains, E. B. and Jackson, H. S. Physiologic specialization in the leaf rust of wheat, *Puccinia triticina* Erikss. Phytopathology 16, 1926.
-

Ueber Partialinfektionen von Weizenkörnern durch *Tilletia* und die Entstehung der Steinbrandbutten.

Von

Gustav Gaßner.

Mit 7 Abbildungen.

Soweit sich aus der Literatur ersehen läßt, werden die durch *Tilletia* gebildeten Brandbutten des Weizens allgemein so gedeutet, daß der Pilz die Samenanlage des Weizens infiziert und deren Gewebe in eine einheitliche Brandmasse verwandelt. „Spelzen und Fruchtwand bleiben völlig erhalten, das Innere der Samenanlage wird restlos zur Sporenbildung verbraucht“. (Zillig, 8, S. 229).

Es muß zugegeben werden, daß das Aussehen und der Bau der Brandbutten auf eine solche Erklärungsmöglichkeit hinweisen; denn die Fruchtwand, richtiger gesagt, die von ihr erhalten gebliebenen Außenschichten stellen in den befallenen Körnern die einzigen überlebenden Gewebe dar. Allerdings müßte von vornherein die Tatsache zu denken geben, daß die Sporenmassen stets bis an die Fruchtwand selbst herangehen, und daß über Reste der Samenschale nichts berichtet wird. Wie wir aber aus verschiedenen Veröffentlichungen (Schroeder, 7, u. a.) schließen dürfen, können wir die Samenschale als eine besonders resistente Schicht auffassen; denn nicht die Fruchtwand, sondern gerade die Samenschale schließt den von ihr eingehüllten Samen von der Außenwelt erst richtig ab, und dies so vollkommen, daß sogar Wasser nicht unmittelbar von der Fruchtwand aus in das Endosperm eindringen kann. Wenn aber die Samenschale in den Brandbutten fehlt, so muß ihr Verschwinden auffallen; die Vorstellung, daß es sich in den Sporenmassen der Brandbutten um infizierte Samenanlagen handelt, würde voraussetzen, daß die Brandinfektion vor der Ausbildung der Samenschale eingetreten ist, auf jeden Fall so zeitig, daß die Samenschale noch jung und unverkorkt war. Nur in diesem Falle wäre es verständlich, daß die Samenschale dem Pilzangriff mit zum Opfer gefallen ist.

Die mikroskopische Untersuchung voll ausgebildeter Brandbutten bestätigt die in der Literatur zu findende Angabe, daß die Brandsporenmassen regelmäßig bis zur Fruchtwand reichen; Reste der Samenschale ließen sich zwischen Sporenpulver und Fruchtwand nicht beobachten. In

diesen Untersuchungen fiel es uns nun zunächst aber weiter auf, daß die Angaben über die Erhaltung der Fruchtwand einer Korrektur bedürfen. Es ist nicht so, wie in der zusammenfassenden Darstellung von Zillig (vergl. oben) gesagt wird, daß die Fruchtwand völlig erhalten bleibt, vielmehr zeigten alle von sehr verschiedenen Weizensorten entnommenen Brandbutten, daß die inneren Fruchtwandschichten ausnahmslos vom Brandpilz zerstört sind, also fehlen. Bei der Weizenfruchtwand (siehe Abb. 2) unterscheiden wir bekanntlich von außen nach innen die als „Längszellen“-schicht ausgebildete äußere Epidermis, das ebenfalls als Längszellengewebe ausgebildete Hypoderm, dann eine einfache „Querzellen“-schicht und schließlich die als innere Epidermis aufzufassenden, stark lückig angeordneten Schlauchzellen. Von diesen Schichten fehlen merkwürdigerweise in der Fruchtwand der Brandbutten regelmäßig die Querzellen und die allerdings auch bei gesunden Körnern nicht immer gut erkennbaren Schlauchzellen; vorhanden sind stets nur die äußeren, den Längszellen entsprechenden Zellen, deren Gestalt allerdings von den normalen Längszellen in später noch zu beschreibender Weise abweicht.

Die Feststellung, daß die Sporenmasse der Brandbutten allgemein bis an die Längszellen, also an die äußeren Schichten der Fruchtwand heranreicht, während die inneren Schichten und die Samenschale fehlen, muß zum Nachdenken anregen, enthält jedoch noch keinen schlüssigen Beweis dahin, daß die bisherigen Vorstellungen von der Bildung der Brandbutten durch Infektion der Samenanlage und deren Verwandlung in eine große Sporenmasse falsch sind. Dagegen zeigte sich sehr bald, daß die Vorstellungen zum mindesten in den zunächst behandelten Fällen, nämlich bei Vorliegen sogenannter Partialbrandkörner den Tatsachen schlechterdings nicht gerecht werden.

Bei den Partialbrandkörnern handelt es sich um Weizenkörner, die in einem Teile brandig, in anderen Teilen aber gesund sind. Wenn es sich bei der Brandsporenbildung um eine Infektion der Samenanlage handelt, muß naturgemäß erwartet werden, daß die Samenanlage solcher Partialbrandkörner nebeneinander gesunde und kranke Gewebeteile enthält. Die mikroskopische Untersuchung von fast 200 Partialbrandkörnern ergab aber in keinem einzigen Fall ein solches Bild; vielmehr lagen die Brandsporen stets außerhalb des Samens und der Samenschale, während der Samen selbst ausnahmslos völlig gesund, allerdings in seiner Entwicklung durch die Brandsporenmassen oft stark behindert war. Wir werden auf diese Beobachtungen, welche zu einer Änderung unserer bisherigen Vorstellungen über die Entstehung der Brandkörner zwingen, weiter unten im einzelnen einzugehen haben.

Zunächst müssen einige Bemerkungen über Auftreten und das äußere Bild solcher Partialbrandkörner vorausgeschickt werden. Das Auftreten solcher Körner wird von Zillig (8, S. 229) als seltene Erscheinung

erwähnt. Auf Grund einer brieflichen Mitteilung von Pape gibt Zillig an, daß in einer Brandprobe neben normalen Brandbutten nur etwa 0,1% Partialkörner beobachtet wurden. Wenn wir von den mir leider im Original nicht zugänglichen, offensichtlich ausführlicheren Angaben von Mc Alpine (1) absehen, scheinen in der Literatur sonst nur vereinzelte und mehr gelegentliche Beobachtungen über Partialbrandkörner vorzuliegen. So erwähnen Sampson (6) und Gieseke (5) die Erscheinung bei Heils Dickkopf-Weizen. Nach dem erstgenannten Autor handelt es sich um Brandbutten, die auf den oberen Teil der Körner beschränkt waren, während der Keimling unberührt und keimfähig blieb. Gieseke berichtet über Fälle, in denen das Korn zu $\frac{2}{3}$ gesund blieb und nur auf der einen Seite des Mehlkörpers eine flache Brandsporenschicht zeigte. Diese Einzelbeobachtungen sind hier wiedergegeben, weil sie mit einigen unserer eigenen Beobachtungen in Einklang stehen und so zeigen, daß es sich bei der im folgenden gegebenen umfassenden Beschreibung von Partialbrandkörnern durchaus nicht um Einzelfeststellungen handelt.

Im Frühjahr 1936 erhielt ich für Brandversuche auf meine Bitte von dem Leiter der Saatzuchtstation Ankara, Herrn Nejat Berkmen eine Probe des *vulgare*-Weizens 218/19 der Ernte 1935. Auf etwa 5 kg dieses Weizens kamen neben den hier nicht weiter berücksichtigten Vollbrandbutten insgesamt 831 Partialbrandkörner; dieses reiche Material erwies sich für Beobachtungen besonders geeignet, weil alle Übergänge von ganz schwachen Partialinfektionen bis zu vollen Brandbutten vorhanden waren. Als Brandart lag ausnahmslos *Tilletia foetens* vor.

In Abb. 1 ist eine Auswahl von 48 verschiedenen Partialbrandkörnern zur Darstellung gekommen; links ist stets die Rückenseite, rechts die Bauchseite der Körner wiedergegeben. Um die Brandlager klarer hervortreten zu lassen, waren die Körner zunächst 8 Stunden in Wasser vorgequollen und dann in Alkohol-Glycerin übertragen. Durch die Quellung der Außenschichten wurde erreicht, daß sich die Brandlager nunmehr als schwarze Flächen oder Streifen ganz deutlich von den hellen Teilen der gesunden Kornteile abheben.

Im allgemeinen überwiegen die Fälle, in denen die Brandlager von dem basalen Teil des Weizenkornes als der natürlichen Eintrittsstelle des Brandpilzes ausgehen; nur bei einer beschränkten Zahl von Körnern ist die Verbindung der Brandbeulen mit der ursprünglichen Infektionsstelle nicht zu erkennen. Im übrigen ist das Bild überaus mannigfaltig; alle nur denkbaren Möglichkeiten der Verteilung und Größe der Brandlager scheinen vorzukommen.

Im einzelnen ist folgendes zu sagen:

Reihe 1 (Nr. 1—8) zeigt Körner, die sowohl auf Rücken-, wie auf Bauchseite kleine Brandpusteln tragen.

Reihe 2 (Nr. 9—16) enthält Körner, bei denen nur die Rückenseite eine an der Basis des Kornes beginnende, meist größere Brandbeule trägt, während die Bauchseite ganz oder fast ganz gesund geblieben ist.

Reihe 3 (Nr. 17—24) besteht aus Körnern, bei denen die ursprüngliche Verbindung der Brandstellen mit dem basalen Teil des Kornes nicht mehr erkennbar ist.



Abb. 1.

48 verschiedene Partialbrandkörner des Weizens Nr. 218/19.

Vergr. 2 fach.

(Erläuterung siehe Text.)

Reihe 4 enthält in der linken Hälfte (Nr. 25—29) Fälle, bei denen nur die Bauchseite des Kornes infiziert ist; Nr. 30—31 zeigen noch Brücken zwischen dem basalen Kornende und dem apikalen Brandbefall.

Reihe 5 und 6 (Nr. 33—48) zeigen verschiedene, meist schwerere Fälle von partiellem Brandbefall. Oft ist nur die eine Längshälfte des Kornes infiziert. In Nr. 48 ist ein Korn wiedergegeben, das bereits typi-

sche Brandbuttenform hat und nur noch am Scheitel eine kleine gesunde Zone trägt.

Aus der bunten Mannigfaltigkeit in der Ausbildung der Partialbrandkörner folgt, daß Zufälligkeiten bei der Entstehung dieser Körner eine große Rolle spielen müssen. Besondere Gesetzmäßigkeiten in der Verteilung der Brandlager lassen sich, abgesehen davon, daß die Infektionen meist am basalen Ende beginnen, kaum erkennen.

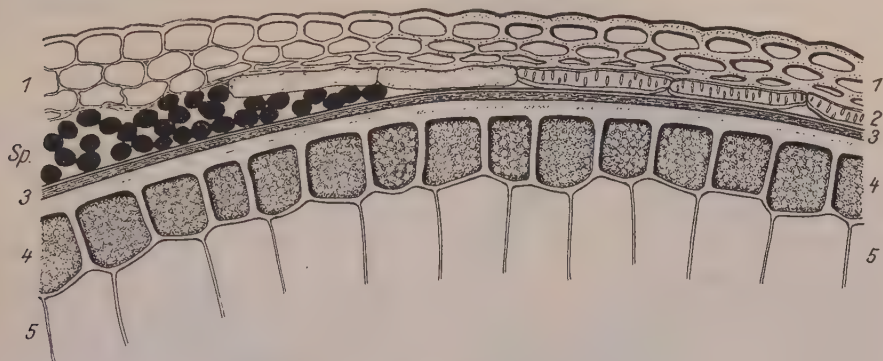


Abb. 2.

Querschnitt durch den Randteil eines Weizenkornes
an der Berührungsstelle von Brandlager und gesundem Gewebe.

Vergr. 200 fach.

1 = Längszellen	} Fruchtwand	3 = Samenschale	} Samen
2 = Querzellen		4 = Aleuronschicht	
Sp = Brandsporen		5 = Stärkeendosperm	

Gerade bei der beobachteten Mannigfaltigkeit in Anordnung und Ausdehnung der Brandbeulen muß es nun besonders wichtig erscheinen, daß bezüglich der anatomischen Bauverhältnisse in allen Fällen restlose Übereinstimmung herrscht.

In Abb. 2 ist zunächst in 200-facher Vergrößerung der Querschnitt durch eine Stelle wiedergegeben, in welcher gesunde und erkrankte Teile des Kornes zusammenstoßen. Die rechte Hälfte zeigt den gesunden Teil: von außen nach innen Längszellen, Querzellen, Samenschale, Aleuronschicht und Stärkeendosperm. In der linken Hälfte sehen wir den Querschnitt durch den erkrankten Teil: die Brandsporen sind auf Kosten der inneren, nunmehr fehlenden Fruchtwandschichten und ausschließlich außerhalb der Samenschale entwickelt. Diese stellt offensichtlich für den Pilz ein unüberwindliches Hindernis dar, was verständlich scheint, wenn wir die weiter oben kurz erwähnte physiologische Rolle der Samenschale und die Tatsache ihrer Verkorkung berücksichtigen.

Am Übergang vom gesunden zum kranken Gewebe zeigt sich, daß die hier noch vorhandenen Querzellen bereits einen abweichenden Bau aufweisen; sie sind unverdickt, daher auch ungetüpfelt und haben noch

Reste von Zellinhalt. Über den dickeren Teilen der Sporenlager fehlen die Querzellen; die allein verbleibenden Längszellen zeigen Abweichungen in Aussehen und Gestalt. Sie haben nur noch wenig verdickte Zellwände, also mehr parenchymatischen Charakter, und bieten so das gleiche Bild, wie es in den verbleibenden Fruchtwandteilen der Vollbrandbutten vorzuliegen pflegt.

Sämtliche, wie schon erwähnt, in großer Zahl mikroskopisch geprüften Partialbrandkörner zeigten grundsätzlich die gleichen Bauverhältnisse, insbesondere stets die Entwicklung der Brandsporen auf Kosten der inneren Fruchtwand und außerhalb der Samenschale. Dabei war es völlig gleichgültig, ob die Brandlager nur eine dünne Schicht bildeten oder aber fast den ganzen Teil des infizierten Kornes einnahmen. Niemals wurde der Fall beobachtet, daß Brandsporen innerhalb der Samenschale, also im Inneren der Samenanlage gebildet wurden. Die Samenanlage war vielmehr stets brandfrei. Selbstverständlich nimmt die Samenanlage bei schweren Brandinfektionen nur noch einen mehr oder minder kleinen Teil des Kornquerschnittes ein; aber auch wenn das Endosperm fast ganz unterdrückt scheint, so bleibt es doch, und zwar offensichtlich durch die Samenschale, gegen eine Infektion durch den Brandpilz geschützt.

Von dem umfangreichen mikroskopischen Beobachtungsmaterial sind in Abb. 3 nochmals 9 Fälle in Querschnittbildern durch die Mitte des Kornes zur Darstellung gebracht; diese Fälle sind so ausgewählt, daß an den Anfang die leichten Infektionen, an den Schluß die „schweren Fälle“ gestellt wurden. Die Fruchtwand ist als heller Streifen, die Samenschale als schwarze Linie, die Aleuronschicht als punktierte Zellschicht und die Brandsporenmasse als schwarze Fläche dargestellt.

In völliger Übereinstimmung sehen wir, daß überall die Sporenlager von der Fruchtwand ausgehen, und daß die Samenschale stets den intakt bleibenden Samen schützend umhüllt. Im einzelnen gestaltet sich die Umwandlung des fast gesunden Kornes zu einer fast vollständigen Brandbutte folgendermaßen:

Abb. 1: Leichtes Brandlager auf der linken Kornhälfte ohne wesentliche Beeinträchtigung der Endospermentwicklung.

Abb. 2: Ähnlich 1, jedoch ist das Endosperm schon schwach durch den Brandpilz zurückgedrängt.

Abb. 3: Deutliches Zurückweichen des Endosperms an der Infektionsstelle der Fruchtwand.

Die Abbildungen 1—3 stimmen dahin überein, daß Infektionen auf der Rückenseite des Kornes keine tiefen Eingriffe in die Gestaltung des Endosperms bedingen. Das ist eine allgemeine Beobachtung; zu schweren Deformationen und letzten Endes zur Unterdrückung jeder Endospermentwicklung, also zur Ausbildung von Vollbrandbutten kommt es nur dann, wenn die Infektion von der Bauchseite her erfolgt und fortschreitet. Es

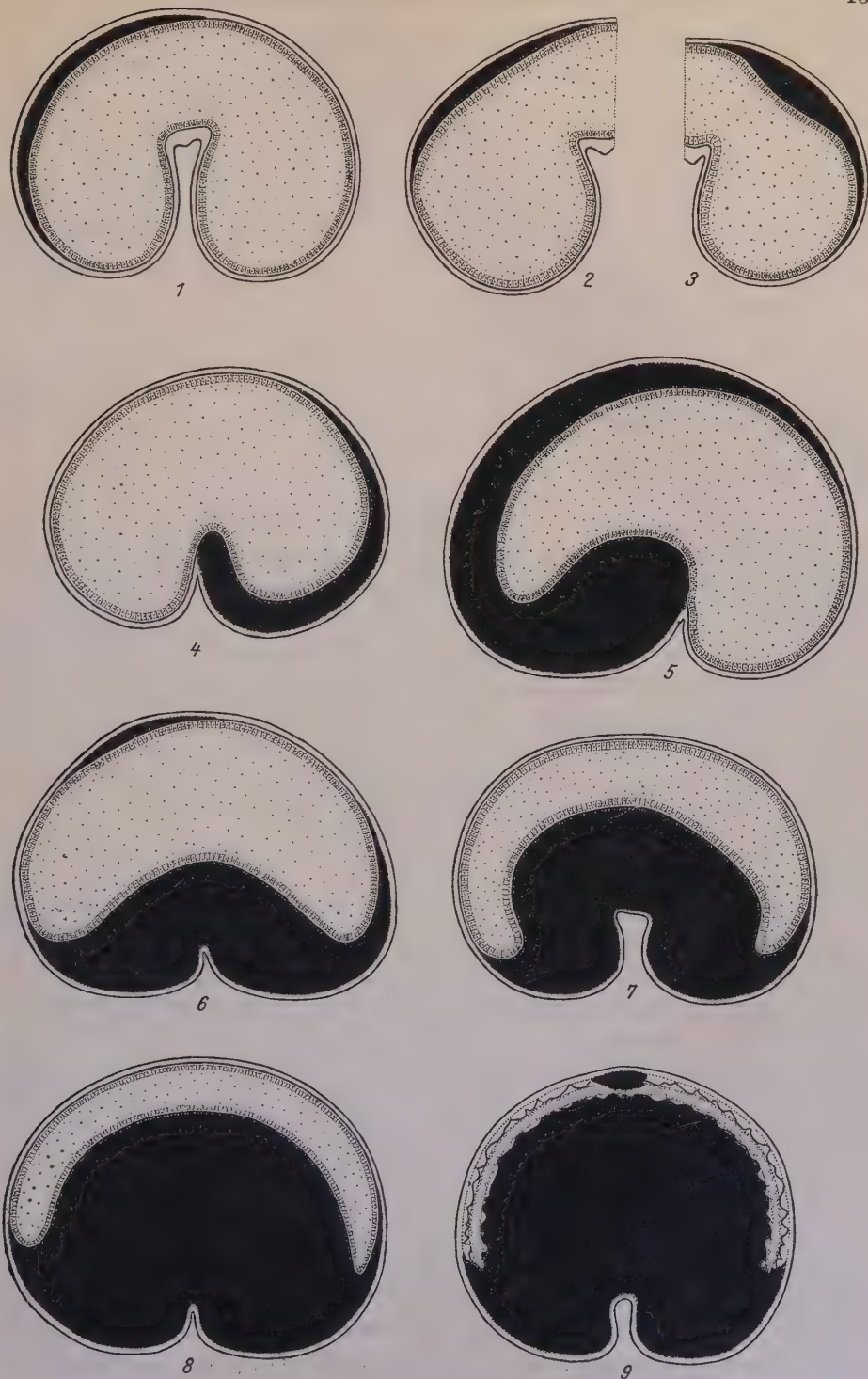


Abb. 3.

Querschnitt durch Partialbrandkörner steigenden Infektionsgrades. Vergr. zirka 20 fach.

hängt das anscheinend damit zusammen, daß die Samenanlagen auf der Bauchseite des Weizenkorns inseriert sind; die etwaige Infektion der Bauchseite muß sich daher besonders verhängnisvoll auswirken.

Abb. 4 und 5 zeigen eine einseitige Infektion der Bauchseite; soweit die Rückenseite mit infiziert ist, zeigt die verschiedene Stärke der Brandsporenbildung, daß die Infektion der Bauchseite die gefährlichere ist. Vor allem bei dem in Nr. 5 dargestellten Korn ist die Zurückdrängung des Endosperms von der Bauchseite her unverkennbar; das Endosperm ist bereits deutlich sichelförmig verkümmert.

In den Abb. 6 bis 8 ist es nun zu einer allgemeinen Infektion der Bauchseite gekommen, die sich gleichmäßig auf beide Längshälften des Kornes erstreckt; das Endosperm nimmt typische Sichelgestalt an, läßt dabei aber bis zuletzt, d. h. bis zur typischen schmalen Sichelform die einzelnen charakteristischen Teile, also Stärkeendosperm und Aleuronschicht erkennen.

Der schwerste Fall der Infektion ist in Abb. 9 wiedergegeben; er stellt den unmittelbaren Übergang zu Vollbrandbutten dar, wie auch schon das äußere Profil des Kornquerschnittes zeigt. Aber auch hier ist die nur noch ganz schmale sichelförmige Samenanlage gesund; bei dem kleinen, von der Mitte der Rückenseite ausgehenden Sporenlager scheint es sich auch nicht um eine eigentliche Einbruchsstelle, sondern nur um ein lokales Zurückdrängen des Endospermrestes zu handeln. Das fast ganz unterdrückte Endosperm ist im übrigen völlig unberührt. Einzelheiten des Gewebebaues sind in dem stark kollabierten Zustande des Endosperms kaum noch zu erkennen. Immerhin ist die Aleuronschicht noch schwach angedeutet. Die Jodprobe ergab in der Mitte des Endosperms noch einen schmalen stärkeführenden Teil.

Sehr interessant ist nun bei diesem Korn die Ausgestaltung der Samenschale. Offensichtlich war das Endosperm ursprünglich größer; durch Behinderung der Saftzufuhr und durch den Druck des Pilzes muß es dann zu einer nachträglichen Schrumpfung gekommen sein. Als Folge der eingetretenen Verkleinerung des Endospermumfanges hat sich schließlich die bereits entwickelte Samenschale faltig vom Endosperm und von der Fruchtwand losgelöst, dabei aber trotzdem weiter ihren schützenden Einfluß auf den eingeschlossenen Samen ausgeübt. Selbst in diesem sozusagen „ver zweifelten“ Fall hat der Brandpilz es nicht zu einer Infektion der Samenanlage gebracht.

Wohl aber sehen wir nunmehr ganz klar, daß der Schritt vom Partialbrandkorn zur Vollbrandbutte sich so vollziehen muß, daß bei einer zeitigen und schweren Infektion die Entwicklung der Samenanlage durch den Pilz schließlich völlig unterdrückt wird. Damit aber kommen wir auf Grund der vergleichenden Untersuchung verschieden stark infizierter Partialbrandkörner und total verbrandeter Vollbrandbutten zu der Feststellung,

daß es sich bei den Brandbutten nicht um eine Infektion der Samenanlage, sondern um eine bis zum völligen Verschwinden getriebene Unterdrückung der Samenanlage handelt. Die sich von der infizierten Fruchtwand her entwickelnden Brandmassen nehmen dann schließlich den gesamten in dem gesunden Korn von der Samenanlage beanspruchten Raum für sich ein. Der Brandpilz ist also kein Parasit des Samens, sondern ausschließlich ein Parasit der Fruchtwand; die bisherigen Anschauungen von dem Zustandekommen der Brandsporenlager durch Infektion der Samenanlage des Weizenkornes bestehen zum mindesten für die bisher behandelten Fälle nicht zu Recht. Nur der Raum der Samenanlage, aber nicht diese selbst, wird von dem Brandpilz beansprucht.

Nachdem diese Erkenntnis gewonnen war, fiel es nicht schwer, eine ganze Reihe anderer Beobachtungen damit in Einklang zu bringen. Zunächst ist es jetzt ohne weiteres verständlich, warum die Sporenmassen der Brandbutten stets bis zu den äußeren Fruchtwandschichten vordringen, und warum die Sporenmassen nicht von der Samenschale eingeschlossen sind; denn diese ist bei der Totalinfektion überhaupt nicht zur Entwicklung gekommen. Wir verstehen weiter auch die bisher nicht genügend gewürdigte Beobachtung, daß in Brandkörnern stets absolut homogene Sporenmassen ohne jede Beimischung von Zellbestandteilen des Endosperms vorliegen; wir verstehen also, warum Mischungen von Brandsporen und Stärkekörnern nicht vorkommen. Solche Mischungen wären der Beobachtung sicherlich nicht entgangen, denn gerade Steinbrandsporen sind ja in den vielfältigen Keimversuchen mit solchen Sporen in unendlicher Zahl mikroskopisch untersucht.

Auch für die Beurteilung des Resistenzproblems scheint die Feststellung nicht gleichgültig, daß die Brandbutten keine infizierten Samenanlagen darstellen, sondern durch mechanische Verdrängung des Samens zustande kommen. Wie schon die verschiedene Größe und Gestalt der Brandlager sog. Partialbrandkörner, vor allem aber das mikroskopische Bild solcher Körner zeigen, kommt es im Korn zu einem Kampf oder doch Wettbewerb zwischen Samenanlage und dem von der Fruchtwand her vordringenden Pilz; hierbei stehen den Kräften des Pilzes bestimmte Eigenschaften und Eigentümlichkeiten der Samenanlage gegenüber. Es erscheint deshalb durchaus denkbar, für einen Teil derjenigen Fragen, die wir kurz als Resistenzproblem bezeichnen wollen, auch Vorgänge in der jungen Fruchtanlage heranzuziehen. Wenn es nun auch wohl nicht möglich sein wird, das gesamte Resistenzverhalten, insbesondere z. B. das gegensinnige Verhalten derselben Weizensorte gegen verschiedene Brandlinien nur auf das in der jungen Frucht vorliegende Kräftespiel von Pilz und Samenanlage zurückzuführen, so können wir anderseits diese Vorgänge nicht völlig vernachlässigen. Es scheint kein Zufall zu sein, daß

Sampson (6) und Gieseke (5) gerade für den als brandresistent bekannten Heils-Dickkopfweizen über Auftreten von Partialbrandkörnern berichten. Auch für das Resistenzbild des zu unseren eigenen Untersuchungen herangezogenen *vulgare*-Weizens 218/19 spielen die Partialbrandkörner eine wichtige, vielleicht sogar entscheidende Rolle. Jedoch soll offen zugegeben werden, daß wir in die sichtlich vorliegenden Zusammenhänge von Resistenzverhalten und Auftreten von Partialbrandkörnern heute noch keinen vollen Einblick besitzen.

Die hier vertretene Auffassung, daß die Brandbutten des Weizens Brandbeulen der inneren infizierten Fruchtwandschichten darstellen, läßt uns nicht nur Form und Auftreten von Partialbrandkörnern leichter verständlich erscheinen, sondern gibt vielleicht auch entwicklungsgeschichtlich gewisse Hinweise. Es ist ohne weiteres verständlich, daß die Erhaltung des Steinbrandes in der Weizenkultur auch gewährleistet ist, wenn einerseits gesunde Körner, anderseits nur Vollbrandbutten vorliegen; denn beim Drusch gelangen die Sporen der letzten regelmäßig in das gesunde Saatgut. Wesentlich schwieriger muß sich aber die Übertragung des Steinbrandes bei Wildweizen gestalten, wenn gesunde und kranke Körner räumlich und zeitlich getrennt zur Loslösung von den jeweiligen Mutterpflanzen kommen. Die Wahrscheinlichkeit eines zufälligen Zusammentreffens und damit die Infektionsmöglichkeit sind nunmehr außerordentlich gering. Wesentlich günstiger gestalten sich die Verhältnisse aber durch die Annahme, daß lokale Infektionsstellen in der Fruchtwand, wie wir sie heute noch in den Partialbrandkörnern antreffen, die ursprüngliche und natürliche Übertragung des Steinbrandes beim Wildweizen gewesen sind. Denn in einem solchen Fall werden von derselben Pflanze Weizenkörner verbreitet, die nebeneinander einen voll entwicklungsfähigen Embryo mit Endosperm und gleichzeitig Brandpulver enthalten, die also die Verbreitung des Parasiten bei gleichzeitiger Fortpflanzungsfähigkeit der Nährpflanze gewährleisten. Bei Richtigkeit der vorstehenden Annahme müßten wir also die Partialbrandkörner, insbesondere den oft vorliegenden Fall, daß die Brandmassen nur am unteren Kornteil, also am Embryoende ausgebildet sind, als die ursprüngliche Form, die Vollbrandbutten aber als ein Kulturprodukt ansprechen, bei dem die Sporenerzeugung ein für die „natürliche“ Verbreitung des Brandpulvers nicht mehr geeignetes Maß erreicht hat.

Die Tatsache, daß Partialbrandkörner eine Verbreitungseinheit darstellen, durch welche gleichzeitig ein voll entwicklungsfähiger Keimling und ein ebenfalls voll infektionstüchtiges Sporenmaterial, das auch tatsächlich Infektionen auslöst, übertragen werden, konnte experimentell im Sommer 1936 bestätigt werden. Von den zur Verfügung stehenden Partialbrandkörnern wurden zunächst 450 ausgelesen, bei denen der Embryo in Brandpulver eingebettet lag. Nebenbei bemerkt sei, daß das Lupenbild

solcher Körner sehr eigenartig wirkt, da die korallenartig ausgebildeten Wurzelanlagen völlig intakt im Brandpulver liegen; vielleicht hat auch hier zunächst die Samenschale den Schutz des Embryos übernommen. 150 solcher Körner wurden ausgesät und ergaben auf 219 Ähren 19 Brandähren, also einen Befall von 8,7 %. Dieser Befall ist durchaus nicht gering, wenn wir bedenken, daß auch anfällige Sorten bei starker künstlicher Infektion im Sommer 1936 nur einen mäßigen Brandbefall aufwiesen. Übrigens waren die Partialbrandkörner, um unbeabsichtigte Nebeninfektionen auszuschließen, vor der Saat mechanisch außerordentlich sorgfältig und mehrfach gewaschen; da die in gleicher Weise behandelten gesunden Körner des gleichen Weizens keinen Brandbefall ergaben, müssen die Infektionen der aus Partialbrandkörnern erwachsenen Pflanzen tatsächlich von den „inneren“ Sporen der Körner ausgegangen sein.

Eine besondere Frage ist es nun schließlich noch, wie sich die Partialbrandkörner einer Beizung gegenüber verhalten. Zu diesem Zweck wurden je 150 nach gleichen Gesichtspunkten ausgelesene Partialbrandkörner naß und trocken gebeizt. Der weiter oben erwähnte Versuch mit Aussaat ungebeizter Partialbrandkörner ist als Kontrollversuch in die folgende Tabelle mit aufgenommen worden.

Tabelle 1.
Beizversuch mit Partialbrandkörnern.
Aussaat 25. März 1936.

Beizung	Gesunde Ähren	Brandähren	Brand %
Ungebeizt	200	19	8,7
1/2 stündige Tauchbeize mit Germisan 0,15 %	284	0	0
Ceresan-Trockenbeize	115	0	0

Die Trockenbeize war nach Gutdünken hinzugegeben, da es sich nur um eine sehr kleine Kornmenge handelte. Die Aufwandmenge war dadurch leider sichtlich wesentlich zu hoch gewählt, denn es traten ernste Keimschäden auf.

Die Wirkung der Beizung ist unverkennbar, da nunmehr nirgends Brand auftrat. Diese Feststellung ist deshalb von einer gewissen praktischen Bedeutung, weil es nicht möglich ist, Partialbrandkörner durch Waschen, durch Tauchbeize oder durch Reinigungsmaschinen aus dem Saatgut zu entfernen. Denn sie teilen mit den gesunden Körnern alle sonstigen Eigenschaften, insbesondere Kornform und Korngewicht. —

Die vorstehenden Ausführungen stellen den Stand unserer Untersuchungen im Jahre 1936 dar; der Sommer 1937 wurde dann dazu benutzt, die Entwicklungsgeschichte normaler Brandbutten genauer zu verfolgen. Die Untersuchungen erstreckten sich auf verschiedene *Vulgare*- und *Durum*-

Weizen, die außerdem mit verschiedenen Brandrassen infiziert waren. Wesentliche Unterschiede in der Entwicklung der Brandkörner ergaben sich dabei nicht, insbesondere stimmten *Vulgare*- und *Durum*-Weizen in ihren Reaktionen auf den Brandpilz weitgehend überein.

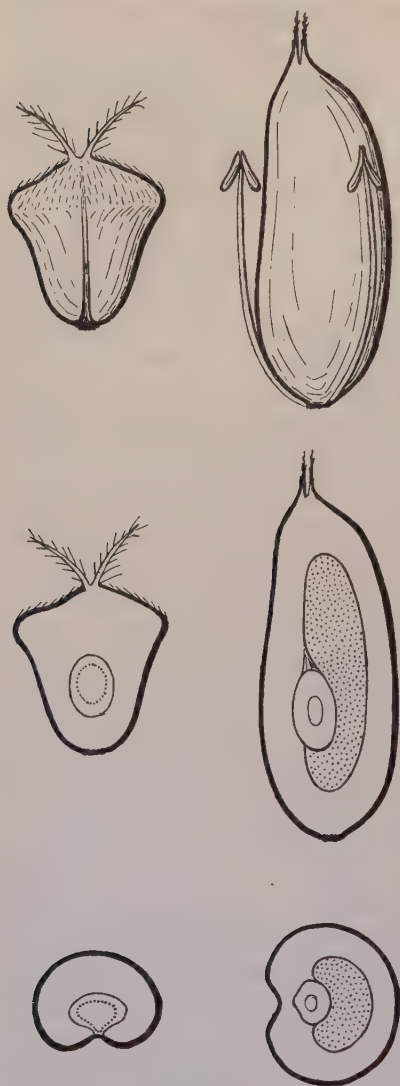


Abb. 4.

Ansicht (oben), Längsschnitt (Mitte) und Querschnitt (unten) durch junges gesundes (links) und brandiges (rechts) Weizenkorn unmittelbar nach der Blüte (24. Mai).

Vergr. 9 fach.

Abbildung 4 gibt Ansichten, Längs- und Querschnitte gesunder und brandiger Körner wieder, die kurz nach der Blüte und am gleichen Tage einem infizierten Bestand des *Vulgare*-Weizen 89/28 entnommen waren. Die Entwicklung der Brandkörner ist zur Zeit der Blüte ungleich weiter vorgeschritten als die der gesunden, deren Fruchtknoten noch klein ist und eine junge, gerade befruchtete Samenanlage enthält. Die bedeutendere Größe der Brandkörner erklärt sich dadurch, daß es bereits lange vor der Blüte zu einer reichlichen Entwicklung von Brandmycel im Innern des Fruchtknotens gekommen ist.

Die nähere Untersuchung der Längs- und Querschnitte brandiger Körner zeigt nun vor allem die Richtigkeit der weiter oben aus den Befunden an Partialbrandkörnern gezogenen Schlüsse über die Entstehung der Brandbutten. Wir sehen nunmehr ganz klar, daß es sich bei den Brandlagern unmöglich um die nachträgliche Zerstörung von Samengewebe handeln kann; denn in diesem frühen Stadium, das bereits das in voller Entwicklung befindliche Brandlager zeigt, ist stets noch eine intakte und in der Form typische Samenanlage zu erkennen: Leichtgestreckte, überaus dünnwandige Zellen umhüllen den als kleines Bläschen ausgebildeten Embryosack. Das Pilzgewebe umhüllt einseitig

die Samenanlage, hat jedoch sichtlich nicht die Fähigkeit, sie zu infizieren.

Am besten ist die Samenanlage der Brandkörner in der Zeit der Weizenblüte zu erkennen; das Entwicklungsstadium des Pilzes ist in dieser

Zeit durch die gerade beginnende Sporenbildung gekennzeichnet. Später wird der Nachweis der Samenanlage schwieriger, bis schließlich auch die sorgfältigste Untersuchung keine Samenanlage oder deren Reste in dem nunmehr voll entwickelten Brandkorn erkennen läßt.

Das Verschwinden der Samenanlage in den zu Vollbrandbutten transformierten Körnern ist weiter oben so gedeutet, daß der Pilz die Samenanlage verdrängt. Das ist durchaus denkbar, da ja die Samenanlage von der Fruchtwand getragen wird; die fortschreitende Zerstörung der Fruchtwand durch den Pilz muß die Samenanlage der Existenzmöglichkeit berauben. Es ist aber auch, wie hier hinzugefügt sei, denkbar, daß die Samenanlage ohne direkte Einwirkung des Pilzes zugrunde geht. Denn eine Befruchtung der Samenanlage ist schon wegen der an jungen Brandkörnern mangelhaften Entwicklung der Narben, weiter aber auch wegen der durch den Pilz bedingten Transformation des Fruchtwandgewebes, das vom Pollenschlauch durchwachsen werden muß, wenig wahrscheinlich; unbefruchtete Samenanlagen gehen aber erfahrungsgemäß von selbst zu Grunde.

Die weiteren Abbildungen 5—7 geben Einzelheiten der Fruchtwandentwicklung wieder, wobei nach Möglichkeit wieder gesunde und kranke Weizenkörner derselben Weizensorte und bei gleichzeitiger Entnahme aus dem Felde gegenübergestellt sind. Kurz nach der Blüte (25. V., Abb. 5) liegen in Form und Anordnung der Fruchtwandzellen keine wesentlichen Unterschiede zwischen gesunden und kranken Körnern vor; nur fehlen die inneren Fruchtwandschichten bei den kranken Körnern, weil sie durch den Pilz zerstört sind. Ein sehr wichtiger Unterschied besteht jedoch in der Art des Zellinhalts: bei den gesunden Körnern sind alle Fruchtwandschichten mit alleiniger Ausnahme der späteren Querzellenschichten chlorophyllfrei; dafür sind alle Zellen des Fruchtblattesophylls reichlich mit kleinen Stärkekörnchen vollgepfropft. Im Gegensatz dazu enthalten alle Fruchtwandzellen der Brandkörner mit Ausnahme der Epidermiszellen reichlich Chlorophyllkörner. Auf diesen Umstand ist das tiefgrüne Aussehen junger Brandkörner zurückzuführen, während die gesunden Körner zur gleichen Zeit weißlich erscheinen und nur an der Bauchnaht eine schwache Grünfärbung erkennen lassen.

In Abbildung 6 ist ein etwas späteres Stadium (5. VI.) eines kranken Kornes zur Darstellung gekommen. Die Zerstörung der inneren Fruchtwandschichten ist weiter fortgeschritten, der Zusammenhang der Zellen vielfach deutlich gelockert. In den Interzellularen ist reichlich Mycel zu erkennen, das bis unmittelbar an die Epidermisschicht herangeht und zahlreiche Haustorien zeigt, die sich an den Kern der Wirtspflanzenzellen anlegen.

In dem in Abb. 7, links, dargestellten Stadium der Grünreife eines gesunden Kornes (1. VII.) ist schon der für den fertigen Samen typische

Bau von Fruchtwand und Endosperm zu erkennen. Die meisten Fruchtwandschichten sind völlig kollabiert, die Außenschichten zu Längszellen, die zweitinnerste Schicht zu Querzellen ausgebildet: die innere Epidermis ist kaum noch zu erkennen.

Diese Umbildungsvorgänge der Fruchtwandschichten fehlen völlig im brandigen Korn (Abb. 7, rechts); statt dessen beobachten wir nur eine fortschreitende Auflösung der mittleren Fruchtwandschichten, sodaß die Sporenbildung des Pilzes nunmehr bis dicht an die Epidermis heranreicht; die verbliebenen inneren Fruchtwandschichten zeigen immer noch den ursprünglichen Bau, insbesondere reichlichen Chlorophyllgehalt.

Auf das Auftreten von Chlorophyllkörnern in den Fruchtwandzellen der Brandkörner muß nun

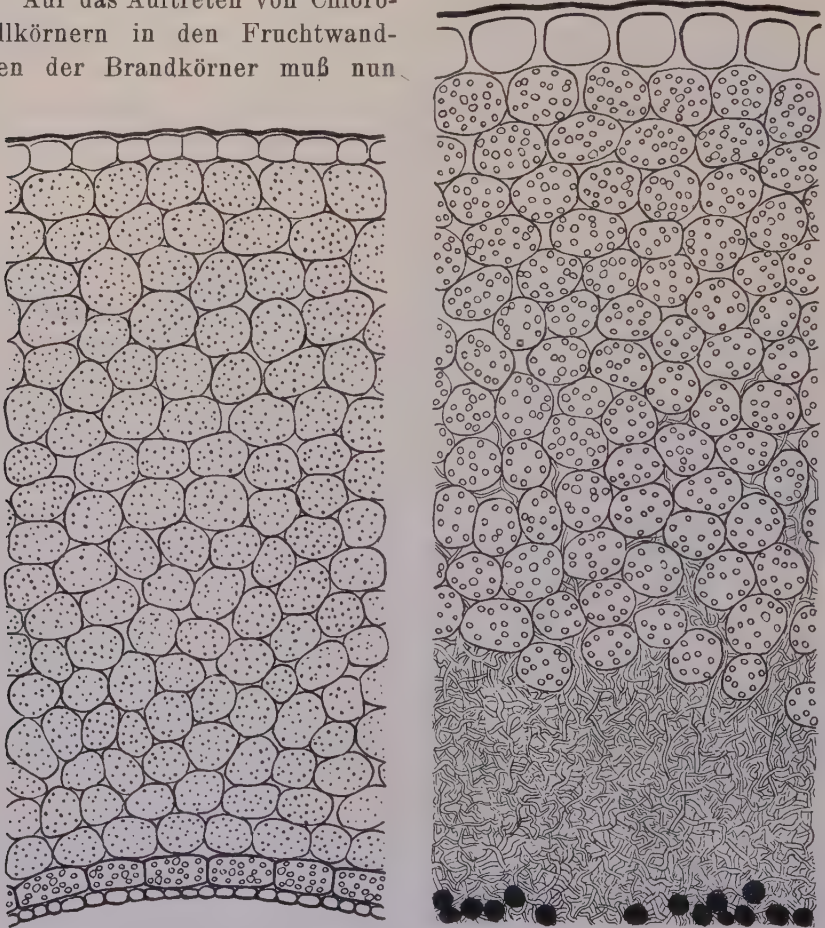


Abb. 5.

Querschnitt durch den Randteil eines gesunden (links) und eines Brandkorns (rechts) kurz nach der Weizenblüte (25. Mai).

Vergr. 300 fach.

Schwarze Punkte: Stärkekörnchen.

Weißer Kreise: Chlorophyllkörner.

Schwarze Kreise: Brandsporen.

noch kurz eingegangen werden, weil es auf eine weitgehende Beeinflussung der Stoffwechselvorgänge brandiger Pflanzen hinweist. Ein solcher Chlorophyllgehalt geht, wie oben ausgetüht ist, den entsprechenden Zellschichten des gesunden Kornes völlig ab; die Zellen der Fruchtwand weisen statt dessen hier reichlich transitorische Stärke auf. Offensichtlich setzt hier der volle Zustrom löslicher Kohlehydrate, also der für die spätere und endgültige Stärkespeicherung erforderlichen Baustoffe schon ein, wenn das Nährgewebe noch nicht so weit entwickelt ist, daß es selbst diese Mengen fassen kann. Ein entsprechender Zustrom von Kohlehydraten ist nun bei kranken Körnern nie zu beobachten. Wenn wir dafür eine auffallende Entwicklung von Chlorophyllkörnern antreffen, so deutet dies darauf hin, daß statt des Kohlehydratstromes hier ein reichlicher Zufluß von Stickstoffverbindungen vorliegt. Denn starke Chlorophyllentwicklung hat einen entsprechend hohen Eiweißgehalt der Zellen zur Voraussetzung (Gaßner und Franke, 2, Gaßner und Goeze, 3). Der Pilz muß also auf den Stickstoffhaushalt der be-

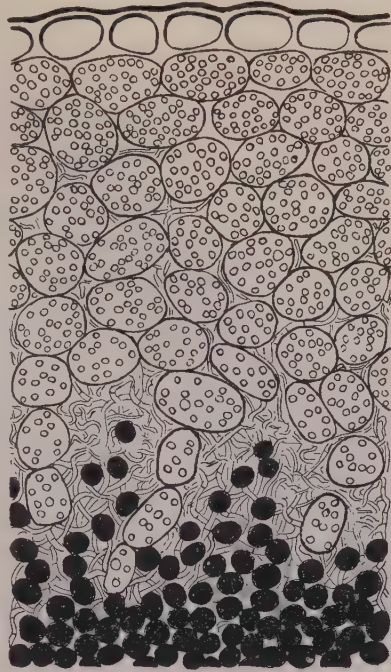


Abb. 6.

Querschnitt durch den Randteil eines jungen Brandkorns, zwei Wochen nach der Weizenblüte (5. Juni).

Vergr. 300 fach.

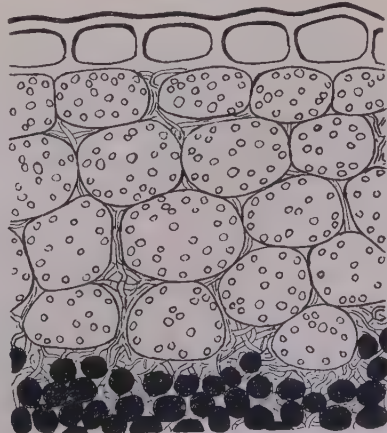
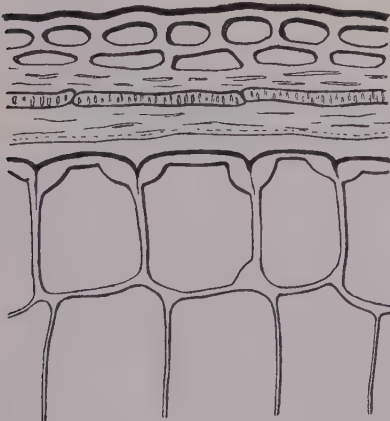


Abb. 7.

Querschnitt durch den Randteil eines gesunden (links) und eines Brandkorns (rechts). Bild vom 1. Juli, Stadium der Grünreife.

Vergr. 300 fach.

treffenden Pflanzenteile einen besonderen Reiz ausüben und eine Umstellung der Stoffzuleitung im Sinne erhöhter N-Zufuhr bewirken. Das kann insoweit auch verständlich erscheinen, als bei der Sporenbildung größere Eiweißmengen verbraucht werden.

Nun sind aber nicht nur die Brandkörner selbst, sondern auch die ganzen Ähren und vielfach auch die anderen Halmteile durch ein besonders tiefes Grün, oft fast Blaugrün ausgezeichnet; die Wirkung des Pilzes bleibt also nicht auf die Brandbutten selbst beschränkt. Wenn wir auch hier wieder die Annahme zugrunde legen, daß erhöhte Eiweißbildung die Grundlage des gesteigerten Chlorophyllgehaltes darstellt, so kommen wir so vielleicht zu einer natürlichen Erklärung der bei brandigen Pflanzen vielfach zu beobachtenden Steigerung der Rostanfälligkeit. Wir müßten dann diese Erscheinung den anderen Fällen an die Seite stellen, in denen Änderungen des Stickstoffhaushaltes Resistenz und Anfälligkeit gegen Rostpilze beeinflussen (Gaßner und Franke 2, Gaßner und Hassebrauk 4 u. a. O.). In diesem Sinne spricht auch unsere hier nur noch kurz zu erwähnende Beobachtung, daß die gesteigerte Rostanfälligkeit brandiger Weizenpflanzen nicht von Anfang an vorhanden ist, sondern erst etwa zur Zeit des Schossens eintritt, also erst dann, wenn wir aus der Farbe der Pflanzen auf eine Änderung des Stickstoffhaushaltes der brandigen Halme schließen dürfen.

Hauptergebnisse.

1. In der Ernte 1935 des *vulgare*-Weizens 218/19 wurden in starkem Prozentsatz Partialbrandkörner gefunden, die alle Übergänge von ganz leichten Teilinfektionen zu Vollbrandbutten enthielten. An Hand dieser Körner war es möglich, in die Entwicklungsgeschichte der Brandbutten einen Einblick zu gewinnen.
2. In allen Fällen gingen die Brandsporen aus den inneren Schichten der Fruchtwand hervor. Eine Infektion der Samenanlage durch den Brandpilz konnte nicht festgestellt werden; offensichtlich wird das Eindringen des Pilzes in die Samenanlage durch die verkorkte Samenschale verhindert.
3. Mit steigender Infektion der Fruchtwand durch den Brandpilz kommt es zu einem immer stärkeren Zurückdrängen und schließlich zur völligen Unterdrückung der Samenanlage. Im ersten Fall liegen Partialbrandkörner mit reichlichen Sporenmassen und sichelförmig verkümmertem Endosperm, im zweiten Falle Vollbrandbutten vor.
4. Vollbrandbutten stellen also eine von den inneren Fruchtwandschichten gebildete und von den erhalten gebliebenen äußeren Fruchtwandschichten eingeschlossene Brandbeule dar, wobei die Samenanlage entweder durch die starke Entwicklung des Brand-

pilzes räumlich verdrängt und zum Verschwinden gebracht wird oder aber infolge nicht eingetretener Befruchtung verkümmert. Die bisherige Annahme, daß die Sporenmassen der Brandbutten durch Infektion der Samenanlage entstehen, konnte nicht bestätigt werden.

5. Der in infizierten Weizenfrüchten zwischen Samenanlage und dem von der infizierten Fruchtwand gegen die Samenschale vordrängenden Brandpilz sich abspielende Kampf oder Wettbewerb muß auch bei der Beurteilung des Resistenzproblems berücksichtigt werden.
6. Es ist denkbar, daß Partialbrandkörner bei Wildweizen eine besondere Rolle gespielt haben, da sie mit ihren durchaus keimfähigen, aber vor allem am basalen Ende in Brandsporen eingehüllten Samen eine Verbreitungseinheit darstellen, durch welche Nährpflanze und Parasit gleichzeitig verbreitet werden.
7. Durch Feldversuche mit Partialbrandkörnern wurde festgestellt, daß die den keimfähigen Embryo einhüllenden Brandsporen tatsächlich den bei der Keimung des Kornes hervordwachsenden Keimling zu infizieren vermögen.
8. Partialbrandkörner lassen sich weder mechanisch noch durch Waschen oder Tauchbeize aus dem Saatgut auslesen; jedoch verhinderten sowohl Naß- wie Trockenbeize die Selbstinfektion des aus Partialbrandkörnern hervorgehenden Keimlings.
9. Die Entwicklung der Vollbrandbutten wurde in besonderen Untersuchungen des Sommers 1937 nochmals im einzelnen verfolgt und erneut bestätigt, daß die Sporenmassen nicht aus einer infizierten Samenanlage, sondern ausschließlich aus der infizierten Fruchtwand hervorgehen.
10. Die auffallende Chlorophyllbildung in den Fruchtwandschichten brandiger Körner deutet auf Umstellung der Stoffwechselvorgänge im Sinne erhöhter N-Zufuhr hin; vielleicht läßt sich diese Feststellung auch zur Erklärung der mehrfach beobachteten Steigerung der Rostanfälligkeit brandiger Weizenpflanzen heranziehen.

Schriftenverzeichnis.

- 1 Mc Alpine, D. The Smuts of Australia. Melbourne, 1910.
 - 2 Gaßner, G. und Franke, W. Der Stickstoffhaushalt junger Weizenpflanzen in Abhängigkeit von der Mineralsalzernährung. Phyt. Zeitschrift, **7**, 1934, S. 187.
 - 3 Gaßner, G. und Goeze, G. Assimilationsverhalten, Chlorophyllgehalt und Transpirationsgröße von Getreideblättern. Zeitschrift für Botanik, **27**, 1934, S. 257.
 - 4 Gaßner, G. und Hassebrauk, K. Untersuchungen über den Einfluß von Äther- und Chloroformnarkose auf das Rostverhalten junger Getreidepflanzen. Phyt. Zeitschrift, **11**, 1938, S. 47—97.
 - 5 Gieseke, A. Untersuchungen über das Verhalten von Winterweizen bei künstlicher Infektion mit Steinbrand (*Tilletia tritici*). Zeitschrift für Pflanzenzüchtung, **14**, 1929, S. 311—363.
 - 6 Sampson, K. The relative resistance of wheat varieties to bunt (*Tilletia tritici*). Welsh Journ. Agriculture, **3**, 1927, S. 180—194.
 - 7 Schroeder, H. Über die selektiv permeable Hülle des Weizenkorns. Flora, N. F., **2**, 1911.
 - 8 Zillig, H. Ustilaginales. Sorauers Handbuch für Pflanzenkrankheiten. V. Auflage, III. Bd., 2. Teil, S. 134—280.
-

Ueber Auftreten und Verbreitung von *Tilletia tritici* und *Tilletia foetens* in der Türkei.

Von

Gustav Gaßner.

Mit 2 Abbildungen.

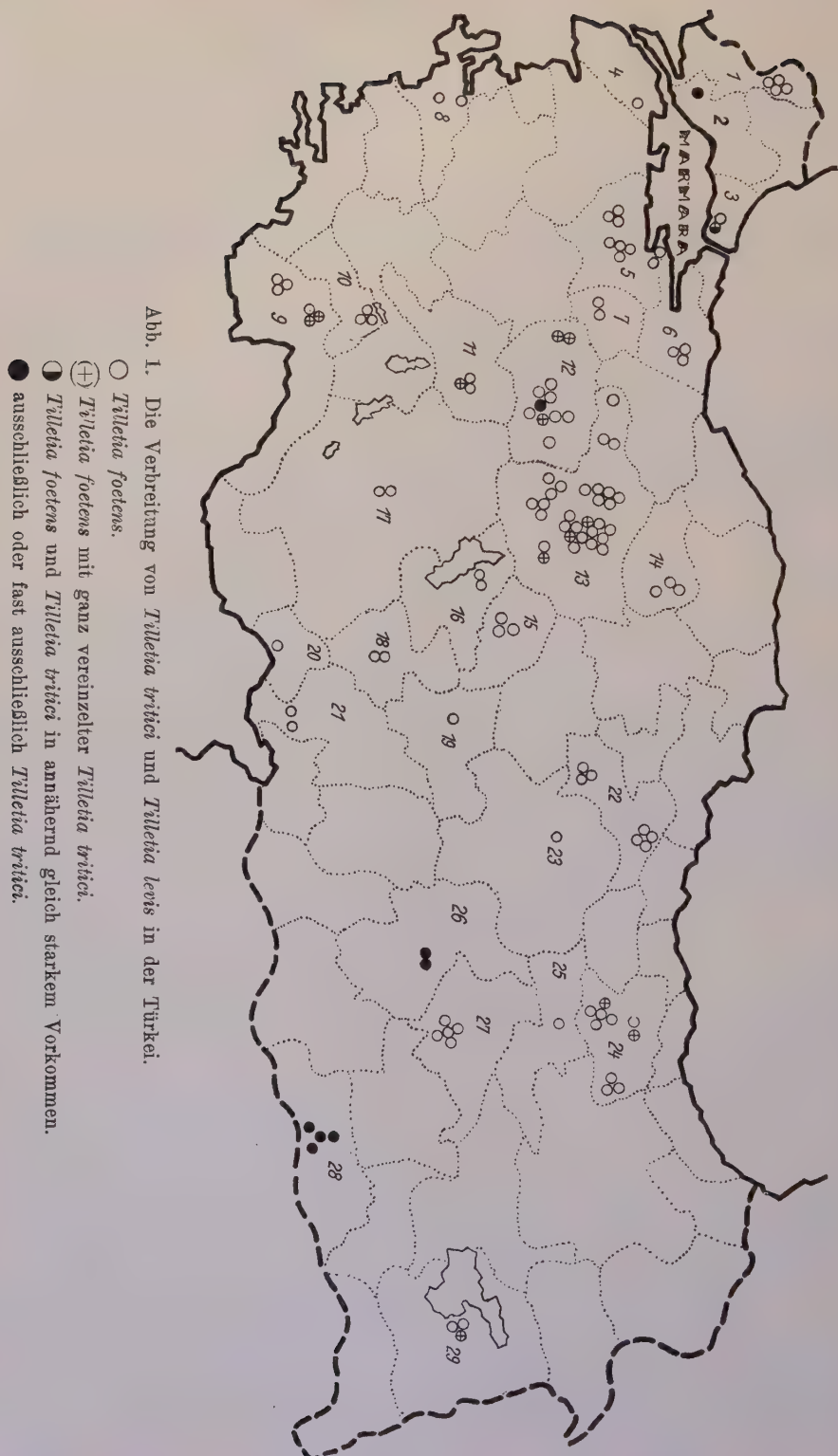
Inhalt: I. Die Verbreitung der Brandarten. — II. Die Stärke des Brandauftretens. — III. Über gleichzeitiges Vorkommen von *Tilletia tritici* und *Tilletia foetens* in derselben Weizenähre. — IV. Über *Tilletia tritici* „forma intermedia“. — V. Zusammenfassung. — VI. Schriftenverzeichnis.

I. Die Verbreitung der Brandarten.

Es ist seit längerem bekannt, daß die auf Weizen auftretenden *Tilletia foetens* (Berkeley et Curtis) Tulasne (= *Tilletia levis* Kühn) und *Tilletia tritici* (Bjerkander) Winter (= *Tilletia caries* Tul.) verschiedene Verbreitungsgebiete bevorzugen oder doch zum mindesten in sehr ungleicher regionaler Verteilung auftreten. Während in Mittel- und Nordeuropa *Tilletia tritici* bei weitem überwiegt oder über weite Flächen sogar ausschließlich vorkommt (Zillig 9), wissen wir aus den Untersuchungen von Malcoff (4) und Atanasoff (1), daß auf dem Balkan hauptsächlich *Tilletia foetens* verbreitet ist. Über die Verteilung der beiden *Tilletia*-Arten in Rumänien hat vor kurzem Sandu-Ville (6) ausführlich berichtet; danach überwiegt *Tilletia foetens* im reinen Steppenklima, während *Tilletia tritici* in den Bezirken mit mehr maritimem Klima stärker vertreten ist. Auch in Nordamerika ist für die beiden *Tilletia*-Arten eine verschiedene regionale Verbreitung festgestellt (Tisdale, Leighty and Börner, 8, Flor, 2 u. a.).

Entsprechende Untersuchungen aus der Türkei liegen meines Wissens bis jetzt nicht vor. Die im folgenden zusammengestellten Beobachtungen sollen die bisherige Lücke unserer Kenntnisse ausfüllen. Da es nicht möglich war, aus allen Provinzen der Türkei Brandproben zu erhalten, ist das gewonnene Bild naturgemäß noch unvollständig; es ist jedoch zu einem Überblick über die Verbreitung der Brandformen ausreichend.

Die in der Tabelle 1 (s. Seite 472—474) zusammengestellten Angaben enthalten die Prüfungsergebnisse der in 127 Weizenfeldern gesammelten Brandähren. Die Felder verteilen sich auf 95 Ortschaften in 29 verschiedenen Vilajets. Von jedem Feld wurden durchschnittlich 18 Brand-



ähren mikroskopisch geprüft, wobei jedoch zu berücksichtigen ist, daß von einigen Feldern eine besonders hohe Zahl, von anderen dagegen nur wenige Brandähren zur Prüfung gelangten.

Für die Anordnung der Beobachtungsergebnisse wurde die alphabetische Form gewählt. Die Mehrzahl der Untersuchungen stammt aus dem Jahre 1935, ein kleiner Teil aus dem Jahre 1936.

Untersucht sind insgesamt 2282 Ähren; von diesen zeigten 2003 *Tilletia foetens*, 274 *Tilletia tritici*; in 5 Fällen wurde gleichzeitiges Vorkommen der beiden *Tilletia*-Arten in derselben Ähre festgestellt (Einzelheiten siehe später). Prozentual berechnet ergeben sich also 88% *Tilletia foetens* und 12% *Tilletia tritici*. Innerhalb der einzelnen Vilajets schwanken die Prozentualwerte naturgemäß sehr stark; da aus vielen Vilajets nur wenige Felder zur Untersuchung herangezogen werden konnten, erscheint es nicht angängig, überall eine prozentuale Berechnung durchzuführen. Die meisten Beobachtungen liegen aus dem Vilajet Ankara vor, wo 569 Ähren zur Untersuchung gekommen sind; davon waren 563 = 99% *Tilletia foetens* und nur 6 = 1% *Tilletia tritici*.

Um einen Überblick über die geographische Verteilung der *Tilletia*-Arten zu geben, sind die Befunde von Tabelle 1 in der Karte der Türkei eingetragen (siehe Abb. 1); nach Möglichkeit wurden die Ortschaften und Felder, von denen die Brandproben stammten, nach ihrer wirklichen Lage eingezeichnet; ganz exakt läßt sich dies bei dem starken Verkleinerungsmaßstab (etwa 1:8000000) naturgemäß nicht durchführen. In einigen Fällen erwiesen sich die uns zur Verfügung stehenden Karten und Hilfsmittel auch nicht als ausreichend, um die Lage der Ortschaften genau festzustellen; hier sind dann die Befunde in der Nähe der Vilajets-Hauptstadt angeführt. Für die Beurteilung der Gesamtverteilung der *Tilletia*-Arten in der Türkei spielen diese unvermeidlichen Ungenauigkeiten naturgemäß keine Rolle.

Die Beobachtungen sind in 4 Gruppen geteilt: 1. Ausschließlicher Befall durch *Tilletia foetens*; 2. *Tilletia foetens* mit Spuren von *Tilletia tritici*; 3. Annähernd gleichmäßige Verteilung von *Tilletia foetens* und *Tilletia tritici*; 4. Ausschließliches oder fast ausschließliches Vorkommen von *Tilletia tritici*.

Die Mehrzahl der Vilajets weisen ausschließlich *Tilletia foetens* auf (19 von 29); in 5 Vilajets wurde neben der überwiegend auftretenden *Tilletia foetens* in ganz geringem Prozentsatz auch *Tilletia tritici* gefunden. Starkes Auftreten von *Tilletia tritici* wurde in den Vilajets Malatya und Mardin, in je einem Fall in den Vilajets Tekirdag und merkwürdigerweise auch Eskisehir beobachtet. Der Befund in Yesilköy (Vilajet Istanbul), wo *Tilletia foetens* und *Tilletia tritici* in gleicher Stärke nebeneinander vorliegen, kann vernachlässigt werden, da es sich hier um Felder der

Tabelle 1.
Zusammenstellung der untersuchten Brandähren.

Die bei den einzelnen Vilajets angegebenen Zahlen entsprechen den Bezeichnungen der Abbildung 1.

Provinz (Vilajet)	Ort	Untersuchte Brandähren		
		gesamt	<i>Tilletia foetens</i>	<i>Tilletia</i> ¹⁾ <i>tritici</i>
Adana (21)	Adana	6	6	0
	Misis	15	15	0
Afyon-Karahisar (11) .	Elmali (Bolvadin)	11	11	0
	Erikmen (Bolvadin)	50	50	0
	Kurukiri (Bolvadin)	24	23	1
Aksaray (16)	Koçhisar	11	11	0
	Koçhisar	24	24	0
Ankara (13)	Agabozköy	8	6	2
	Agabozköy	13	13	0
	Ankara	52	51	1
	Ballik	17	17	0
	Beypazar	13	13	0
	Beypazar	3	3	0
	Bitik	20	20	0
	Elma Dag	16	16	0
	Fethiye	18	18	0
	Giaurkale	12	12	0
	Giaurkale	14	14	0
	Hacilar	24	21	3
	Haymana	13	13	0
	Holns.	30	30	0
	Kisla	19	19	0
	Nalihan	12	12	0
	Samutlu- Polatl	25	25	0
	Solfasol	17	17	0
	Solfasol	19	19	0
	Solfasol	17	17	0
	Solfasol	26	26	0
	Solfasol	44	44	0
	Solfasol	21	21	0
	Taspinar	20	20	0
	Taspinar	7	7	0
	Tesrek	11	11	0
	Tesrek	20	20	0
	Türkova.	10	10	0
	Türkova.	30	30	0
	Zir	18	18	0
Antalya (9)	Büyük Alifahrettin (Korkudeli)	18 ²⁾	18	1
	Eymir (Elmali)	14	14	0
	Karaköy (Elmali)	12	12	0
	Küçük Alifahrettin (Korkudeli)	25 ²⁾	25	1
	Küçük Alifahrettin (Korkudeli)	14	14	0
	Söyle (Elmali)	10	10	1

¹⁾ Zu *Tilletia tritici* ist auch die weiter unten beschriebene *Tilletia tritici* forma *intermedia* gestellt.

²⁾ Eine Ähre mit gleichzeitigem Vorkommen beider Brandarten.

Provinz (Vilajet)	Ort	Untersuchte Brandähren		
		gesamt	<i>Tilletia foetens</i>	<i>Tilletia tritici</i>
Bilecik (7)	Aksuköy (Bozüyük)	12	12	0
	Kızıldağ Pinar (Bozüyük)	15	15	0
Burdur (10)	Burdur	14	14	0
	Burdur	15	15	0
	Burdur	23	23	0
Bursa (5)	Bayerköy	11	11	0
	Bayerköy	8	8	0
	Bayerköy	8	8	0
	Bayerköy	9	9	0
	Dereköy	2	2	0
	Dereköy	2	2	0
	Kavaklıköy	5	5	0
	Kavaklıköy	9	9	0
Çanakkale (4)	Biga	10	10	0
	Biga	10	10	0
Çankiri (14)	Alaçati	17	17	0
	Aysekî	17	17	0
	Kavaklıköy	17	17	0
Edirne (1)	Habipler	15	15	0
	Havza	15	15	0
	Jusufluköy	14	14	0
	Jusufluköy	12	12	0
Elaziz (27)	Baglikesrik	12	12	0
	Bagli Sürzürü	21	21	0
	Düdenköy	13	13	0
	Düdenköy	15	15	0
	Düdenköy	15	15	0
Erzincan (25)	Erzincan	2	2	0
Eskisehir (12)	Karakayaköy (Sivrihisar)	21	21	0
	Kasalia (Mihalıçik)	12	12	0
	Kaymazköy (Sivrihisar)	33	32	1
	Mamureköy (Mihalıçik)	15	15	0
	Mihalıçik	13	13	0
	Ömerköy (Mihalıçik)	12	12	0
	Ömerlerköy (Sivrihisar)	23	23	0
	Resadiye (Sivrihisar)	25	25	0
	Sazova (Saatzeitstation)	25	22	3
	Sazova (Saatzeitstation)	15	13	2
	Söğütönü (Sivrihisar)	24	1	23
Gümüşane (24)	Babusköy (Siran)	12	12	0
	Cancaköy	24	21	3
	Çirmisköy (Siran)	12	12	0
	Çirmisköy (Siran)	12	12	0
	Çirmisköy (Siran)	12	12	0
	Harmannsköy (Siran)	30	29	1
	Hasaraköy	14	14	0

Provinz (Vilajet)	Ort	Untersuchte Brandähren		
		gesamt	<i>Tilletia foetens</i>	<i>Tilletia tritici</i>
Gümüsane (24)	Kazanci (Bayburt)	12	12	0
	Tahirköy (Bayburt)	12	12	0
	Varzahanköy (Bayburt)	13	13	0
Istanbul (3)	Yesilköy (Pasor)	15	15	0
	Yesilköy (Saatzuchtstation) . .	35	18	17
Izmir (8)	Bornova	10	10	0
	Yeniköy	13	13	0
Kayseri (19)	Kayseri	21	21	0
Kirsehir (15)	Boztepe	15	15	0
	Inaçköy	15	15	0
	Kirsehir	15	15	0
Koçaeli (6)	Adapazar	48	48	0
	Adapazar	27	27	0
	Arifiye	15	15	0
Konya (17)	Konya	14	14	0
	Konya	27	27	0
Malatya (26)	Malatya	27	3	24
	Malatya	20	2	18
Mardin (28)	Kiziltepe	41	0	41
	Maviçikköy	49 ¹⁾	5	46
	Salakköy	30	0	30
	Tüffahikköy	29 ²⁾	1	29
Mersin (20)	Çiftlikköy	17	17	0
Nigde (18)	Nigde	14	14	0
	Nigde	9	9	0
Sivas (23)	Sivas	19	19	0
Tekirdag (2)	Sarköy (Malkara)	25	0	25
Tokat (22)	Cerköy (Niksar)	14	14	0
	Cerköy (Niksar)	13	13	0
	Çiftlik (Artova)	24	24	0
	Çiftlik (Artova)	28	28	0
	Çiftlik Karatas (Artova) . . .	30	30	0
	Hasanköy (Niksar)	15	15	0
	Keküncöy (Niksar)	6	6	0
	Siklarköy (Niksar)	13	13	0
Van (29)	Sabaniye	18	18	0
	Samran	27	25	2
	Tepebasi	23	23	0

¹⁾ Zwei Ähren mit gleichzeitigem Vorkommen beider Brandarten.

²⁾ Eine Ähre mit gleichzeitigem Vorkommen beider Brandarten.

dortigen Saatuchtstation handelt, die kaum zur Beurteilung der „natürlichen“ Verbreitung der beiden *Tilletia*-Arten herangezogen werden können.

Wenn wir von vereinzelteten Ausnahmen absehen, stellt also *Tilletia foetens* die charakteristische Steinbrandart des türkischen, insbesondere des anatolischen Weizenbaues dar. Die von Sandu-Ville (6) und anderen Autoren ausgesprochene Gesetzmäßigkeit, daß *Tilletia foetens* das kontinentale Klima bevorzugt, scheint so eine Bestätigung zu finden. Auffällig und bisher ungeklärt ist das starke Auftreten von *Tilletia tritici* in Malatya (26) und Mardin (28). Malatya liegt auf etwa 1000 m Höhe und hat centralanatolisches Klima, in dem wir sonst fast ausschließlich *Tilletia foetens* treffen; Mardin, das durch trockene und heiße Sommer ausgezeichnet ist, gehört ebenfalls kaum zu den „régions à climat continental moins prononcé“, die nach Sandu-Ville (6) das Auftreten von *Tilletia tritici* günstig beeinflussen. Allerdings dürfte sich, wenigstens in Mardin, die Hauptentwicklung des Weizens in einer Jahreszeit abspielen, in welcher ausreichende Niederschläge fallen.

Zu einer Beantwortung der Frage, in welcher Weise die geographischen Bedingungen das Auftreten der beiden *Tilletia*-Formen bestimmen, sind die bisherigen Beobachtungen nicht ausreichend. Daß hier irgendwelche Beziehungen vorliegen, dürfte kaum zweifelhaft sein, denn sonst hätte der mannigfaltige Austausch von Saatgut, der ja in wohl allen Weizenbau treibenden Ländern seit Jahrzehnten eine Rolle spielt, sicherlich schon ausgleichend gewirkt, da naturgemäß fast stets Brandsporen mit dem Saatgut verschleppt werden. Wir finden aber z. B. in Nordamerika über ganze Staaten eine einheitliche oder überwiegende Verteilung der einen oder anderen Brandform; in Mittel- und Nordeuropa herrscht, wie schon erwähnt, *Tilletia tritici* vor, in den Balkanländern und in der Türkei ganz überwiegend *Tilletia foetens*.

Der Weg, auf dem es zu einer geographischen Trennung der beiden Steinbrandarten kommen kann, ist ein doppelter. Es ist denkbar, daß Boden- und Klimaverhältnisse unmittelbar das Auftreten der Brandpilze beeinflussen. Eine solche Wirkung der Außenfaktoren ist natürlich nur möglich, wenn physiologische Unterschiede zwischen den beiden Brandarten vorliegen. Hierüber aber wissen wir bisher nichts Positives.

Wir müssen daher wohl, wenigstens im Augenblick, die verschiedene geographische Verbreitung der Brandarten in erster Linie damit in Verbindung bringen, daß unter verschiedenen Klimaverhältnissen auch verschiedene Weizensorten angebaut werden, die sich in ihrer Anfälligkeit gegenüber den beiden Brandarten möglicherweise ungleich verhalten. So scheinen nach unseren Beobachtungen bestimmte anatolische Weizen durch eine höhere Anfälligkeit gegen *Tilletia foetens*, genauer gesagt, gegen viele Stämme dieser Brandart ausgezeichnet zu sein. In diesem Falle muß es selbstverständlich zu einer sich allmählich auswirkenden, natür-

lichen Auslese dieser Brandart kommen. Jedoch sind die bisherigen Unterlagen für eine richtige Deutung der bei der geographischen Verbreitung von *Tilletia foetens* und *Tilletia tritici* möglicherweise ausschlaggebenden Sortenanfälligkeitsverhältnisse ebenfalls noch ungeklärt. Die in dieser Hinsicht eingeleiteten Versuche werden praktisch dadurch außerordentlich erschwert, daß beide *Tilletia*-Arten in eine größere Zahl biologischer Rassen zerfallen. Die vorhergehende Klärung der Spezialisierungsverhältnisse stellt also die Voraussetzung für die Klärung des hier angeschnittenen Problems dar; damit aber wird der Weg, der zur Erkenntnis der bei der Verbreitung der Brandarten entscheidenden Faktoren führt, nicht abgekürzt, sondern im Gegenteil weiter und umständlicher.

II. Stärke des Brandauftretens.

Im Jahre 1935 konnte ich in Gemeinschaft mit Prof. Christiansen-Weniger im Vilajet Ankara insgesamt 127 Felder auf Steinbrandbesatz genauer untersuchen, wobei wir uns bemühten, durch Auszählen im Felde exakte zahlenmäßige Unterlagen zu erhalten. Von diesen 127 Feldern sind in der folgenden Berechnung 23 Felder mit durchschnittlich 0,99% Steinbrandbefall nicht berücksichtigt, weil sie mit gebeiztem Saatgut bzw. Saatgut bestellt waren, das durch Auslese gesunder Ähren gewonnen war. Bei 2 Feldern waren die Pflanzen noch zu jung, als daß sich ein genaues zahlenmäßiges Bild ermitteln ließ.

Von den verbleibenden 102 Feldern zeigten

18 = 17,2%	einen Brandbefall von unter 1%	(durchschnittlich 0,37%)
34 = 33,8%	„ „ „ 1 bis 10%	(„ 5,44%)
50 = 49,0%	„ „ „ über 10%	(„ 30,48%)

Bei ungefähr der Hälfte der Felder betrug also der durchschnittliche Brandbefall rund 30%; von diesen wiesen 9 = 8,8% der Gesamtzahl einen Befall von 50% und mehr auf. Der durchschnittliche Brandbefall der hier betrachteten 102 Felder betrug 16,81%.

Aus dem Jahre 1935 stehen uns nun außerdem aus 28 anderen Vilajets (siehe Tabelle 1) Angaben über den Brandbefall zur Verfügung. Auch hier wurden teilweise recht beträchtliche Brandprozente beobachtet; so hatten die 3 Felder im Vilajet Antalya 25—30%, 7 Felder in Bursa 21—34%, 8 Felder in Gümüsane 27—40%, 4 Felder in Mardin 15—40% Steinbrand. Der durchschnittliche Brandbefall der sich auf 28 verschiedene Vilajets verteilenden Felder betrug 15,5%.

Im Jahre 1936 konnten keine systematischen Untersuchungen, sondern nur gelegentliche Beobachtungen vorgenommen werden. In 21 Feldern ergab sich ein durchschnittlicher Brandbefall von 22,7%. Das stärkste Brandauftreten wurde mit 80% bei dem Dorf Yakub Abdal (Elma Dag, Vilajet Ankara) und mit 65% in Pasor (Yesilköy, Vilajet Istanbul) festgestellt. Der Befall eines großen Teiles der ausgedehnten Vermehrungs-

felder der Saatzuchtstation Sazova in Hamidiye betrug mindestens 30 %, da das Erntesaatgut noch fast 300 Brandbutten auf 1000 Korn enthielt.

Der durchschnittliche Brandbefall ist mit 22,7 %, auch im Jahre 1936 recht beträchtlich gewesen. Berücksichtigen wir, daß die ungebeizten Weizenfelder des Vilajets Ankara im Jahre 1935 durchschnittlich 16,81 %, die Felder der anderen Vilajets im gleichen Jahre 15,5 % Brand zeigten, so kommen wir bei durchaus vorsichtiger und bescheidener Schätzung zu dem Ergebnis, daß wir mit einer durchschnittlichen Schädigung der türkischen Weizenernte von 15—20 % rechnen können und müssen. Nach dem Türkischen Statistischen Jahrbuch hat die durchschnittliche Weizenernte der Türkei in den Jahren 1928—1934 rund 2 500 000 Tonnen betragen, sodaß wir den jährlichen Verlust der türkischen Weizenernte durch Steinbrand mit 400 000 Tonnen veranschlagen müssen.

III. Über gleichzeitiges Vorkommen von *Tilletia tritici* und *Tilletia foetens* in derselben Weizenähre.

Das gleichzeitige Vorkommen beider Steinbrandarten in derselben Weizenähre ist bekannt (Sydow und Butler (7)). Wenn in folgendem über einige solcher Fälle erneut berichtet wird, so rechtfertigt sich dies durch das Bestreben, in die Verteilung der beiden Steinbrandkomponenten bei Vorliegen von Mischinfektionen einen näheren Einblick zu gewinnen.

Mit dem gleichzeitigen Vorkommen von *Tilletia tritici* und *Tilletia foetens* in der gleichen Weizenähre muß gerechnet werden, wenn der Steinbrandbefall eines Feldes nicht einheitlich ist, sondern beide Brandarten nebeneinander zeigt. Wie aus Tabelle 1 dieser Arbeit hervorgeht, konnten aber auch in einigen aus fast reinen Brandbeständen stammenden Ähren beide Brandarten gleichzeitig in derselben Ähre nachgewiesen werden.

Von der ersten dieser Ähren wurden 12 Brandbutten untersucht. Davon waren 3 reine *Tilletia tritici*, 2 reine *Tilletia foetens*; 7 enthielten beide Sporenarten durcheinander. Das Mengenverhältnis *tritici* : *foetens* betrug bei 5 Brandkörnern schätzungsweise 90 : 10 %, bei einem Korn 70 : 30 % und bei einem anderen 10 : 90 %. Es können also in derselben Ähre sowohl Brandbutten mit den reinen Ausgangsformen, wie aber in verschiedenem Mengenverhältnis „gemischte“ Sporen vorkommen.

Die weiteren Untersuchungen wurden dadurch genauer gestaltet, daß die Insertion der einzelnen Brandbutten in der Ähre und den Ährchen festgelegt wurde, so daß wir über die Verteilung der Brandarten innerhalb der Ähre ein vollständiges Bild erhalten. Das unterste Ährchen ist jeweils mit Nr. 1 bezeichnet, die darüber sitzenden sind entsprechend ihrer Reihenfolge numeriert. Die Buchstaben a—c bedeuten die ebenfalls in ihrer Reihenfolge numerierten Körner innerhalb jedes einzelnen Ährchens: a das in der untersten, c das in der obersten Blüte des betr. Ährchens

gebildete Korn. Die 3 im folgenden genauer untersuchten Ähren stammen alle aus Brandherkünften des Vilajets Mardin ¹⁾).

Tabelle 2.

Gleichzeitiges Vorkommen von *Tilletia tritici* und *Tilletia foetens*
in derselben Ähre.

Herkunft: Vilajet Mardin, Tüffahiköy (Kiziltepe).

Ährchen-Nummer		Brandart im Korn		
		a	b	c
1		<i>tritici</i>	<i>tritici</i>	—
	2	<i>tritici</i>	<i>foetens</i>	—
3		<i>tritici</i>	<i>tritici</i>	<i>tritici</i>
	4	<i>tritici</i>	<i>foetens</i>	—
5		<i>tritici</i>	<i>tritici</i>	<i>tritici</i>
	6	<i>tritici</i>	<i>foetens</i>	—
7		<i>tritici</i>	<i>tritici</i>	<i>tritici</i>
	8	<i>foetens</i>	<i>tritici</i>	<i>tritici</i> 70% <i>foetens</i> 30%
9		<i>tritici</i> 5% <i>foetens</i> 95%	<i>tritici</i>	<i>tritici</i>
	10	<i>tritici</i> 5% <i>foetens</i> 95%	<i>tritici</i> 5% <i>foetens</i> 95%	—
11		<i>tritici</i>	<i>tritici</i>	—

— bedeutet, daß die Körner der betreffenden Blüten nicht entwickelt sind.

Auch in der in Tabelle 2 analysierten Brandähre kommen neben reinen *tritici*- und *foetens*-Körnern Butten vor, die aus beiden Brandarten gemischt sind. Zu der Verteilung von *Tilletia tritici* und *Tilletia foetens* läßt sich innerhalb der Ähre eine gewisse Gesetzmäßigkeit insoweit erkennen, als in der unteren Hälfte der Ähre die übereinander stehenden Ährchen, also die durch jeweils ungerade oder gerade Zahlen gekennzeichneten Ährchen derselben Ährenseite, übereinstimmende Sporenbeschaffenheit zeigen: Nr. 1, 3, 5, 7 sind reine *Tilletia tritici*, Nr. 2, 4, 6 in Korn a stets *Tilletia tritici*, in Korn b übereinstimmend *Tilletia foetens*. In den oberen Ährchen verwischt sich jedoch diese Gesetzmäßigkeit, nur das Ährchen 11 ist wieder reine *Tilletia tritici*. Die zahlenmäßige Berechnung der auf die beiden Brandkomponenten entfallenden Anteile ergibt ein Verhältnis von 1985 Einheiten *tritici* zu 715 Einheiten *foetens*.

Ein annähernd gleiches Mengenverhältnis (1610 Einheiten *tritici* zu 890 Einheiten *foetens*) liegt auch in der in Tabelle 3 zur Darstellung gekommenen Ähre vor. Jedoch läßt sich hier eine Gesetzmäßigkeit, daß in der Ähre übereinanderstehende Brandkörner gleiche Zusammensetzung haben, kaum oder doch nicht eindeutig erkennen.

¹⁾ Die im folgenden Hauptabschnitt als *Tilletia tritici* „forma intermedia“ bezeichnete Sporenform ist in den folgenden Tabellen ebenso wie in der früheren Tabelle 1 zur Vereinfachung als *Tilletia tritici* gerechnet.

In Tabelle 4 ist noch die Zusammensetzung einer Ähre wiedergegeben, in welcher auf 28 Butten von *Tilletia foetens* ein einziges Brandkorn kommt, das aus reiner *Tilletia tritici* bestand. Dieses Beispiel ist deshalb von besonderem Interesse, weil es recht eindringlich zeigt, daß bei Mischbeständen beider Brandarten eigentlich erst die Prüfung aller Brandbutten der untersuchten Ähren eine endgültige Beantwortung der Frage gestattet, welche Brandarten an der Infektion beteiligt sind.

Tabelle 3.
Gleichzeitiges Vorkommen von *Tilletia tritici* und *Tilletia foetens*
in derselben Ähre.

Herkunft: Vilajet Mardin, Maviciköy (Kiziltepe).

Ährchen-Nummer		Brandart im Korn		
		a	b	c
1		<i>tritici</i>	<i>tritici</i>	—
	2	<i>tritici</i> 80%	<i>foetens</i>	—
		<i>foetens</i> 20%		
3		<i>tritici</i> 95%	<i>foetens</i>	—
	4	<i>foetens</i> 5%	<i>foetens</i>	—
5		<i>tritici</i>	<i>foetens</i>	—
	6	<i>tritici</i> 90%	<i>tritici</i>	<i>tritici</i>
		<i>foetens</i> 10%		
7		<i>tritici</i>	<i>tritici</i>	<i>tritici</i>
	8	<i>tritici</i> 50%	<i>foetens</i>	—
		<i>foetens</i> 50%		
9		<i>foetens</i>	<i>foetens</i>	—
	10	<i>tritici</i>	<i>tritici</i>	<i>tritici</i>
11		<i>tritici</i>	<i>tritici</i> 95%	—
			<i>foetens</i> 5%	

Tabelle 4.
Gleichzeitiges Vorkommen von *Tilletia tritici* und *Tilletia foetens*
in derselben Ähre.

Herkunft: Vilajet Mardin, Moviciköy (Kiziltepe).

Ährchen-Nummer		Brandart im Korn		
		a	b	c
1		<i>foetens</i>	—	—
	2	<i>tritici</i>	<i>foetens</i>	—
3		<i>foetens</i>	<i>foetens</i>	<i>foetens</i>
	4	<i>foetens</i>	<i>foetens</i>	<i>foetens</i>
5		<i>foetens</i>	<i>foetens</i>	<i>foetens</i>
	6	<i>foetens</i>	<i>foetens</i>	<i>foetens</i>
7		<i>foetens</i>	<i>foetens</i>	<i>foetens</i>
	8	<i>foetens</i>	<i>foetens</i>	—
9		<i>foetens</i>	<i>foetens</i>	—
	10	<i>foetens</i>	<i>foetens</i>	<i>foetens</i>
11		<i>foetens</i>	<i>foetens</i>	<i>foetens</i>
	12	<i>foetens</i>	—	—

Es ist aus praktischen Gründen leider nicht möglich, der Diagnose der Brandart die Prüfung aller Brandbutten der betr. Ähren zugrunde zu legen. Da jedoch solche Mischinfektionen verhältnismäßig selten sind, wird es im allgemeinen auch ausreichend sein, von jeder Brandähre 2—3 an verschiedenen Stellen der Ähre entnommene Brandbutten zu untersuchen.

IV. Über *Tilletia tritici* „forma intermedia“.

Zu den beiden, seit langem als Erreger des Weizensteinbrandes bekannten *Tilletia*-Arten, *Tilletia tritici* (Bjerkander) Winter und *Tilletia foetens* (Berkeley et Curtius) Tulasne, ist vor kurzem als dritte Art *Tilletia indica* Mitra gekommen; diese unterscheidet sich nach der Beschreibung des Autors (Mitra 5) durch besonders große Sporen (37,9 : 32,5 bzw. 36,2 : 34,7 μ gegenüber etwa 20 μ bei *Tilletia tritici* und *Tilletia foetens*). Da *Tilletia indica*, wie der Name sagt, in Asien gefunden ist, wurde bei der Prüfung der von uns untersuchten türkischen Steinbrandherkünfte auch auf diese durch auffallend große Sporen charakterisierte Steinbrandart geachtet; jedoch ließen sich bis jetzt keine Anhaltspunkte für das Auftreten dieser neuen Brandart in Kleinasien finden.

Wohl aber begegnete uns vereinzelt eine sich sowohl von der gewöhnlichen *Tilletia tritici* wie aber auch von *Tilletia foetens* unterscheidende Sporenart, die ich zunächst als *Tilletia tritici* „forma intermedia“ bezeichnen möchte, weil die Beschaffenheit der Sporenmembran auf eine Mittelstellung zwischen den beiden bekannten Steinbrandarten hindeutet. Da eine, allerdings unvergleichlich viel feinere, Netzung der Sporenwand vorliegt, erscheint es berechtigt, die beobachteten Sporen zu *Tilletia tritici* zu stellen; andererseits weist die geringe Dicke der Sporenwand, die einschließend der äußerst schwach entwickelten Netzleisten nur die Gesamtdicke der glatten Sporenwand von *Tilletia levis* erreicht, auf nähere Beziehungen zu dieser Brandart. In der allgemeinen Gestalt der Sporen ähnelt die *forma intermedia* der meist durch mehr oder minder kugelige Sporen ausgezeichneten *Tilletia tritici*, während *Tilletia foetens* bekanntlich häufig mehr längliche oder auch fast kantig ausgebildete Sporen besitzt. Allerdings konnten auch bei *Tilletia foetens* mehrfach Herkünfte gefunden werden, deren Sporen auffallend kugelig gestaltet waren.

In Abb. 2 sind Sporen von *Tilletia tritici*, *Tilletia levis* und der hier neu beschriebenen *Tilletia tritici forma intermedia* in 2000-facher Vergrößerung nebeneinander dargestellt. Eine aus dem Vilajet Van stammende Form der gewöhnlichen *Tilletia tritici* (1 von Abb. 2) hatte eine Höhe der Sporenleisten von 1,8 bis 2 μ ; die Sporen einer aus Gümüsane stammenden *tritici*-Probe eine solche von 2 bis 2,5 μ (2 von Abb. 2). Zillig (9, S. 229) gibt die Höhe der Netzleisten von *Tilletia tritici* mit etwa 1 μ an. Auch solche Sporen wurden in türkischen Herkünften gefunden, jedoch betrug die Höhe der Netzleisten meist wesentlich mehr als 1 μ .

Demgegenüber zeigten die Netzleisten der hier beschriebenen *intermedia*-Form in allen Fällen weniger als $0,5\mu$; ihre Höhe geht oft auf $0,3\mu$ und weniger herunter, sodaß die Gesamtstärke der Wandung, also eigentliche Sporenwand + Netzleisten $0,5$ bis $0,6\mu$ erreicht, in vielen Fällen sogar unter $0,5\mu$ bleibt. Die glatten *foetens*-Sporen haben meist eine Wandstärke von $0,5$ bis $0,7\mu$ (vgl. 4—6 von Abb. 2).

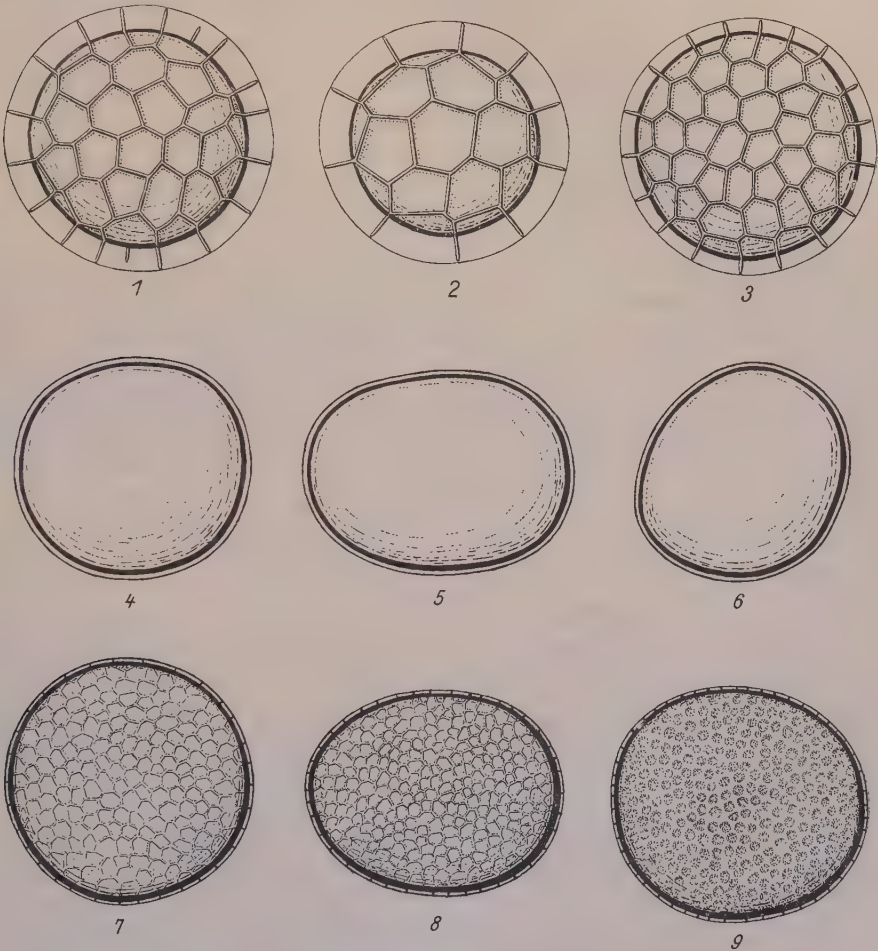


Abb. 2.

Verschiedene Brandsporen.

1—3 *Tilletia tritici*. 4—6 *Tilletia foetens*. 7—9 *Tilletia tritici* forma *intermedia*.

Vergr. etwa 2000 fach.

Der Hauptunterschied zwischen der gewöhnlichen *Tilletia tritici* und der *forma intermedia* liegt nun aber in der schon erwähnten außerordentlich feinen Felderung der letzten. Für *Tilletia tritici* gibt Zillig (9, S. 229) eine Maschenweite der Netzleisten von 2 bis 7μ an, was mit den eigenen Messungen gut übereinstimmt. Die *tritici*-Sporen der Her-

kunft Van hatten meist $2\frac{1}{2}$ bis 4μ , die der Herkunft Gümüsane 3 bis 5μ . Die Zahl der Maschen für die Sporenoberfläche schwankt dementsprechend je nach Maschenweite und Sporengröße zwischen 30 und 80. Bei der hier beschriebenen *intermedia*-Form beträgt die Maschenweite meist etwas weniger als 1μ , zum mindesten nicht wesentlich über 1μ . Damit erhöht sich die Maschenzahl für die gesamte Sporenoberfläche außerordentlich; sie liegt etwa zwischen 250 und 400 (7—8 von Abb. 2). Oft treten im mikroskopischen Bild nicht die Maschen als solche, sondern nur die von ihnen gebildeten grubigen Vertiefungen hervor, sodaß die Oberfläche solcher Sporen granuliert aussehen kann (9 von Abb. 2).

Weiter sind auch die Unterschiede im optischen Querschnitt der Sporenwand zu berücksichtigen. Die bei den *intermedia*-Sporen unter $\frac{1}{2}\mu$ betragende Höhe der Leisten läßt diese hier nur als ganz kurze innere Verstärkungen der Sporenwand erscheinen, während bei der gewöhnlichen *tritici* die Abgrenzung der aufgelagerten Leisten von der eigentlichen Sporenmembran keine Schwierigkeiten macht. Weniger einfach ist die Unterscheidung der *intermedia*-Sporen von *Tilletia foetens*; sie erfordert die Anwendung stärkerer Vergrößerungen. Im optischen Querschnitt sehen sich die Sporenwände der beiden Brandformen sehr ähnlich; erst die genauere Prüfung läßt das Vorhandensein des Leistenwerkes als feine senkrechte Striche in der Sporenwand erkennen (7—9 von Abb. 2). Hier gibt also die Betrachtung der Sporenoberfläche das einfachere Unterscheidungsmaterial ab.

Wie schon ausgeführt, rechtfertigt die Tatsache, daß die Sporenoberfläche der *forma intermedia* ein feines Leistenwerk besitzt, die Zuordnung dieser Brandform zu *Tilletia tritici* (vergleiche Anmerkung S. 478). Andererseits soll mit der vorläufigen Bezeichnung *Tilletia tritici* „*forma intermedia*“ nicht zum Ausdruck gebracht werden, daß es sich hier nachweislich nur um eine besondere Rasse von *Tilletia tritici* handelt. Vielmehr müssen wir auch die Möglichkeit offen lassen, daß die beobachtete Sporenform einen Bastard zwischen *Tilletia tritici* und *Tilletia foetens* darstellt.

Zunächst fällt auf, daß die *intermedia*-Form nur sehr selten in den türkischen Brandherkünften beobachtet wurde. Sie begegnete uns das erste Mal in einer Kollektion von Brandähren der Saatuchtstation Ankara, wo eine einzige von 52 Ähren den *intermedia*-Typus zeigte. Wie im ersten Abschnitt dieser Arbeit erwähnt, sind in den Jahren 1935 und 1936 insgesamt 2282 Brandähren mikroskopisch untersucht, die aus den verschiedensten Vilajets der Türkei stammten. Einschließlich der vorliegenden Mischinfektionen beider Brandarten wurden 2003 als *Tilletia foetens*, 274 als *Tilletia tritici* bestimmt. Unter diesen letzten befanden sich nur 8 Ähren, die rein oder in Vermischung mit einer anderen Brandart Sporen

der forma *intermedia* enthielten. Die einschlägigen Einzelbeobachtungen sind in den Spalten 1—5 der umstehenden Tabelle zusammengestellt.

Die angeführten Beobachtungen lassen zunächst erkennen, daß das vereinzelte Auftreten der forma *intermedia* im allgemeinen in solchen Herkünften vorliegt, in denen *Tilletia tritici* und *Tilletia foetens* zusammen vorkommen. Auffallend ist weiter, daß die Ähren mit forma *intermedia* in mehreren Fällen gleichzeitig typische Sporen von *Tilletia foetens* und *Tilletia tritici* enthielten, wobei bemerkt sei, daß bei den 8 in Tabelle 5 wiedergegebenen Fällen stets sämtliche Butten der fraglichen Ähren mikroskopisch geprüft wurden.

Diese Feststellungen lassen es zum mindesten nicht ausgeschlossen erscheinen, daß es sich bei der beobachteten *intermedia*-Form um einen Bastard von *Tilletia tritici* und *foetens* handelt. In dem gleichen Sinne muß nun erneut auf die Tatsache hingewiesen werden, daß die Sporenmembran der *intermedia*-Form im gewissen Sinn eine Mittelstellung zwischen den beiden bekannten Steinbrandarten einnimmt, weshalb ja auch die Bezeichnung „*intermedia*“ gewählt ist. Die *intermedia*-Sporen teilen mit *Tilletia tritici* das Vorhandensein einer Felderung der Sporenoberfläche, mit *Tilletia foetens* die Entwicklung einer gleichmäßig dünnen Sporenmembran, die im optischen Querschnitt nur noch sehr feine Unterschiede erkennen läßt.

Eine gewisse Schwierigkeit bei der Deutung der *intermedia*-Sporen als Bastard von *Tilletia tritici* und *Tilletia foetens* liegt in der Angabe von Hanna (3), daß die von diesem Autor bei der Kreuzung von Mycelpaaren der beiden Brandarten erhaltenen Hybriden das Aussehen des *foetens*-Elters hatten und glatt waren. Leider steht mir die Originalarbeit des Verfassers nicht zur Verfügung; ich kann deshalb nicht ersehen, in welcher Weise die mikroskopische Prüfung der Bastardsporen erfolgte. Bei der oft außerordentlichen Feinheit in der Netzung der *intermedia*-Sporen könnte ich mir aber vorstellen, daß solche Sporen auf Grund einer bei schwächeren Vergrößerungen erfolgten Untersuchung als glattwandig angesprochen wurden. Es ist zuweilen wirklich nicht einfach, die Zugehörigkeit zur *intermedia*-Form eindeutig zu bestimmen, vor allem, wenn die Untersuchung nur in Wasserpräparaten erfolgt; oft gibt erst das Chloralhydratpräparat die Entscheidung. Im übrigen besteht auch noch die Möglichkeit, daß Hanna eine durch weniger auffällige Leistenbildung ausgezeichnete Form von *Tilletia tritici* zu seinen Kreuzungsversuchen benutzt hat, so daß die Felderung der Hybridsporen tatsächlich ganz unauffällig und nicht eindeutig war.

Die Frage nach der etwaigen Bastardnatur der beobachteten *intermedia*-Sporen läßt sich naturgemäß nur durch die Prüfung der Nachkommenchaft beantworten. Solche Versuche sind in beschränktem Umfang im Frühjahr 1936 zur Durchführung gekommen; die Ergebnisse haben in der

rechten Hälfte der obigen Tabelle 5 Aufnahme gefunden. Leider haben gerade diese Versuche besonders schwer unter stärkstem Gelbrostbefall gelitten, sodaß nur wenige Brandähren zur Entwicklung kamen. Es ist bekannt, daß die erstgebildeten Halme oft gesund bleiben und erst die Folgehalme brandig sind; diese aber kamen wegen des Rostbefalls nur unvollständig zur Entwicklung. Eine weitere Ursache des minimalen Brandbefalls muß aber noch darin liegen, daß die geprüften *intermedia*-Sporen für die verwendete Weizensorte offensichtlich weniger aggressiv waren als die in Parallelversuchen gleichzeitig mitgeprüften reinen *Tilletia foetens*-Sporen, wo immerhin bis zu 34 Brandähren auf durchschnittlich etwa 800 gesunde Ähren kamen.

Die in Tabelle 5 angeführten wenigen Brandähren (insgesamt 8 auf etwas über 4000 gesunde Ähren) dürfen mit Sicherheit als Folge der Infektion mit dem Prüfungsmaterial angesehen werden. Die zahlreichen Kontrollparzellen mit nicht infiziertem Saatgut blieben ausnahmslos völlig brandfrei und zeigten, daß exakt gebeiztes Saatgut verwendet war. Der brandbuttenfreie Weizen war zunächst gründlich gewaschen, dann 1 Stunde im Tauchverfahren mit 0,4% iger Formalinlösung gebeizt, erneut gewaschen und unter allen Vorsichtsmaßnahmen getrocknet. Ebenso einwandfrei war die Durchführung der Infektion und die Aussaat mit desinfizierten Händen und Instrumenten. Im übrigen sprechen ja auch die Ergebnisse für die Exaktheit der Versuchsdurchführung; denn die seltene *intermedia*-Form wurde tatsächlich in 4 von 8 Brandähren wiedergefunden. Die mikroskopische Prüfung der geernteten Brandähren erfolgte wiederum durch Untersuchung sämtlicher in jeder Ähre enthaltenen Brandbutten.

Von den erzielten 8 Brandähren enthielten 2 reine *forma intermedia*; in 2 weiteren Ähren erwiesen sich die *intermedia*-Sporen mit einer quantitativ ungleich größeren Menge von *Tilletia foetens*-Sporen vermischt. In 2 Ähren lag reine *Tilletia foetens*, in 2 weiteren Ähren reine *Tilletia tritici* vor.

Es muß zugegeben werden, daß das Versuchsergebnis, rein zahlenmäßig betrachtet, wegen des geringen Brandbefalls unbefriedigend ist; andererseits aber muß nochmals betont werden, daß die Versuchsdurchführung einwandfrei war, und daß auch in den gleichzeitig laufenden umfangreichen Rassenprüfungen mit den verschiedensten *Tilletia*-Stämmen, über die in einer besonderen Veröffentlichung berichtet ist, keine Störungen durch Versuchsfehler festgestellt wurden. So dürfen wir wohl mit 2 noch zu besprechenden Einschränkungen als bewiesen annehmen, daß Sporen der *intermedia*-Form nicht nur wieder *intermedia*-Sporen liefern, sondern daß es auch zu einer Aufspaltung der Nachkommenschaft in *Tilletia foetens* und *Tilletia tritici* kommt, daß es sich also bei der *intermedia*-Form um einen Bastard der erwähnten beiden Brandarten handelt.

In diesem Sinne sprechen auch einige weitere Einzelheiten. So wurden von der *intermedia*-Ähre 1 (Herkunft Mardin-Kiziltepe, Mavici-köy) 3 Ähren genommen, von denen 2 einheitlich *intermedia*, 1 einheitlich *foetens* waren. Diese *foetens*-Sporen waren durch stark körnigen, ziemlich dunklen Inhalt ausgezeichnet, was ja bei *foetens* durchaus nicht die Regel ist; die gleiche auffallende Beschaffenheit des Sporeninhaltes fand sich nun aber auch bei den in dieser Versuchsreihe geernteten 2 Ähren mit *forma intermedia*.

Die oben angedeuteten Einschränkungen der vorstehenden Deutung der Versuchsergebnisse erstrecken sich einmal auf die Prüfung der Nachkommenschaft von Ähre 8 in den Versuchen der Tabelle 5. Hier dürfen wir von einer Aufspaltung in *intermedia* und *foetens* nicht sprechen, weil das Ausgangsmaterial ($\frac{1}{2}$ *intermedia*, $\frac{1}{2}$ *foetens*) nicht einheitlich war.

Die zweite Einschränkung ist allgemeiner und hypothetischer Natur: Es besteht natürlich immer noch die Möglichkeit, daß bei der mikroskopischen Prüfung des als einheitlich *intermedia* bezeichneten Sporenmaterials der Ähren 1, 4, 5 (Tabelle 5, linke Hälfte) doch ganz vereinzelt *Tilletia tritici*- oder *Tilletia foetens*-Sporen übersehen sind. Die Wahrscheinlichkeit hierfür ist zwar im Hinblick auf die Zahl der geprüften Brandbutten und Präparate gering, aber sie läßt sich naturgemäß nicht exakt ausschließen.

So sollen deshalb die Feststellungen dieser Arbeit zunächst nur dahin gedeutet werden, daß wichtige Momente für die Bastardnatur der beobachteten *Tilletia tritici forma intermedia* sprechen.

V. Zusammenfassung.

1. Von 2272 Brandähren, die aus 29 verschiedenen Vilajets der Türkei stammten, erwiesen sich 88% als *Tilletia foetens*, 12% als *Tilletia tritici*. In 19 von 29 Vilajets wurde ausschließlich, in 5 weiteren überwiegend *Tilletia foetens* gefunden; starkes Auftreten von *Tilletia tritici* lag nur in den Vilajets Malatya und Mardin, vereinzelt auch in Tekirdag und Eskisehir vor. Die Beobachtung, daß *Tilletia foetens* die bei weitem wichtigere Brandart des anatolischen Weizenbaues darstellt, stimmt mit der in anderen Ländern gemachten Beobachtung überein, daß diese Brandart Länder mit kontinentalem Klima bevorzugt. Worauf das von der Regel abweichende Auftreten von *Tilletia tritici* in bestimmten Teilen der Türkei bzw. Anatoliens beruht, läßt sich noch nicht sagen, wie überhaupt die Ursache für regional ungleiche Verteilung der beiden Brandarten noch ungeklärt ist.
2. Der durchschnittliche Brandbefall der Weizenfelder wurde im Jahre 1935 für das Vilajet Ankara mit 16,8%, für Felder aus 28 anderen Vilajets mit 15,5% festgestellt. Gelegentliche Be-

obachtungen des Jahres 1936 ergaben eine durchschnittliche Brandstärke von 22,7%. Der alljährliche Verlust der türkischen Weizenernte durch Steinbrand ist auf 400 000 Tonnen zu veranschlagen.

3. Unter zahlreichen, genauer untersuchten Ähren aus Feldern, in denen nebeneinander *Tilletia tritici* und *Tilletia foetens* vorlagen, wurden 5 Brandähren gefunden, die gleichzeitig beide Brandarten enthielten. Dabei wurden im allgemeinen neben Brandkörnern mit reiner *Tilletia tritici* und reiner *Tilletia foetens* auch solche gefunden, die in derselben Brandbutte beide Brandarten durcheinander enthielten.
 4. In mehr als 2000 Brandähren aus den verschiedensten Vilajets der Türkei wurden in 8 Fällen Ähren mit Brandsporen beobachtet, die sich durch eine überaus feine Maschenbildung und auffallend geringe Höhe des Leistenwerkes deutlich von den Sporen der gewöhnlichen *Tilletia tritici* unterschieden; sie sind zunächst als *Tilletia tritici forma intermedia* bezeichnet.
 5. Das seltene Auftreten dieser Sporen, ihr mehrfaches Vorkommen bei gleichzeitigem Auftreten von *Tilletia tritici* und *Tilletia foetens*, das Aussehen der Sporenwand und die Prüfung der Nachkommenschaften machen es sehr wahrscheinlich, daß es sich bei der beobachteten *forma intermedia* um einen Bastard zwischen *Tilletia tritici* und *Tilletia foetens* handelt.
-

VI. Schriftenverzeichnis.

- 1 Atanasoff, D., Cereal Smuts in Bulgaria.
 - 2 Flor, H. H., Studies on physiologic specialization in *Tilletia tritici* and *Tilletia levis* in the Pacific Northwest. Journ. of Agric. Research **47**, 1933, S. 193—213.
 - 3 Hanna, W. F.: The physiology of the fungi causing bunt of Wheat. Proc. fifth Pacif sci. Congr., 1934, S. 3195—3204. (nach Referat in The Review of Applied Mycology **14**, Part 7, 1935, S. 432).
 - 4 Malcoff, Untersuchungen über verschiedene Pflanzenkrankheiten. Arb. d. Staatl. Landw. Versuchsanst. Sadowa, **54**, 1907.
 - 5 Mitra, M.: Stinking smut (bunt) of Wheat with special reference to *Tilletia indica* Mitra. India Journ. Agr. Sci. V, 1935, S. 1—24. (nach Referat in The Review of Applied Mycology **15**, Part 1, 1936, S. 7).
 - 6 Sandu-Ville, C., Contributions à l'étude de la carie du Blé en Roumanie. Anal. de l'Institut de Recherche agron. de Roumanie, VI, 1934, S. 1—34.
 - 7 Sydow, H. P. und Butler, E. J., Fungi Indiae orientalis, Pars IV, Ann. Mycol. **10**, 1912, S. 243—280.
 - 8 Tisdale, Leighty and Börner, A study of the distribution of *Tilletia tritici* and *Tilletia levis*. Phytopathology **17**, 1927, S. 167—174.
 - 9 Zillig, H., Ustilaginales (Brandpilze). In Sorauer: Handb. d. Pflanzenkrankheiten. III, 2. Teil, 5. Aufl., 1932, S. 134—281.
-

Untersuchungen über Keimgeschwindigkeit und Infektionsvermögen verschiedener Stämme von *Tilletia foetens* und *Tilletia tritici*.

Von

Gustav Gaßner.

Inhalt: I. Einleitung. — II. Das Keimverhalten einer größeren Anzahl von Brandstämmen (*Tilletia foetens* und *Tilletia tritici*). — III. Die keimungsphysiologische Prüfung der Nachkommenschaften. — IV. Das Infektionsvermögen der geprüften Brandstämmen. — V. Vergleich des Keimverhaltens und des Infektionsvermögens verschiedener Brandstämmen. — VI. Zusammenfassung. — VII. Schriftenverzeichnis.

I. Einleitung.

Nach der unlängst gegebenen zusammenfassenden Darstellung von Stakman, Levine, Christensen und Isenbeck (15) gibt es zur Bestimmung physiologischer Rassen pflanzenpathogener Pilze 3 Hauptunterscheidungsmerkmale: die Befallstüchtigkeit auf bestimmten Testsorten der Wirtspflanze, das Wachstumsverhalten auf künstlichen Nährböden und die biochemischen Reaktionen; außerdem werden noch „in der Morphologie statistisch erfaßbare Unterschiede“ angeführt, „die auch zur Identifizierung mit herangezogen werden können“.

Zu diesen Merkmalen ist im folgenden und speziell für die *Tilletia*-Arten als weiteres Unterscheidungsmerkmal das Keimverhalten der Brandsporen gestellt, das nach unseren im folgenden Abschnitt mitgeteilten Versuchsergebnissen ganz wesentliche, außerhalb aller Beobachtungsfehler liegende Unterschiede aufweist und auch, wie die in einem späteren Abschnitt mitgeteilte Prüfung der Nachkommenschaften ergeben hat, in weitem Umfang vererbbar scheint.

Auf die Beurteilung des Keimverhaltens für die Frage der Aggressivität der Brandrassen soll erst später nach Darlegung derjenigen Versuche eingegangen werden, in denen Keimgeschwindigkeit der Brandsporen und Infektionsvermögen einer gleichzeitigen Prüfung und Gegenüberstellung unterzogen sind. In einigen älteren Arbeiten (v. Tubeuf, 17, Appel und Gaßner 1), die jedoch nicht unwidersprochen geblieben sind (v. Kirchner, 8), sind eindeutige Beziehungen zwischen Keimgeschwindigkeit von Wirt und Brandpilz vermutet; die Nachprüfung dieser älteren Angaben unter Zugrundelegung einer abgeänderten und verbesserten

Methodik, insbesondere unter Verwendung einzelner Brandlinien statt der bisher üblichen Verwendung von Brandgemischen mußte wünschenswert erscheinen.

Die Untersuchungen, über die im folgenden berichtet ist, sind in den Jahren 1934—1936 in Ankara durchgeführt; bei der Ablesung der umfangreichen Keimversuche leistete mir mein unlängst verstorbener Assistent Alaettin Göydün wertvolle Hilfe, wofür ich ihm nachträglich auch an dieser Stelle danken möchte.

II. Das Keimverhalten einer größeren Anzahl von Brandstämmen. (*Tilletia foetens* und *Tilletia tritici*).

Soweit sich aus den uns zur Verfügung stehenden Literaturangaben ersehen läßt, liegen spezielle Untersuchungen über das Keimverhalten und die spezifische Keimgeschwindigkeit von einzelnen Brandstämmen bisher nicht vor. Zu den gerade mit *Tilletia*-Sporen in übergroßer Zahl durchgeführten Keimversuchen sind wohl stets Brandpopulationen verwendet, in denen die Körner wahllos dem Felde entnommener Brandähren zu einem äußerlich einheitlichen Sporenpulver verrieben wurden, das dann das Ausgangsmaterial für die Keimversuche darstellte (v. Tubeuf, 17, Hahne, 6, Rabien, 12 u. a.). Demgegenüber ergaben die im folgenden mitgeteilten Untersuchungen ein derart verschiedenes keimungsphysiologisches Verhalten der einzelnen Brandstämme, daß wir sagen müssen, daß die bisher übliche Verwendung von Brandpopulationen zu keimungsphysiologischen Untersuchungen die bei der Keimung vorliegenden Gesetzmäßigkeiten unmöglich mit der zu fordernden Schärfe hervortreten lassen kann. Jedoch ist es nicht Aufgabe dieser Arbeit, auf die sich hieraus für die Beurteilung der bisherigen Untersuchungen über das Keimverhalten der *Tilletia*-Sporen ergebenden Folgerungen im einzelnen einzugehen; nur auf einige vergleichende Feststellungen in Versuchen mit verschiedenen Keimtemperaturen muß im folgenden eingegangen werden.

Wenn wir in unseren im folgenden mitgeteilten Untersuchungen von „Brandstämmen“ sprechen, so müssen wir dies mit einer Einschränkung tun: in nicht ganz einwandfreier oder doch zum mindesten in nicht voll bewiesener Weise sind die von derselben Ähre gewonnenen Brandsporen als Brandstamm bezeichnet. Hierbei besteht natürlich stets die Möglichkeit, daß die Bildung einer Brandähre durch eine Mischinfektion verschiedener Brandlinien zustande gekommen ist. In diesem Sinne spricht vor allem die Tatsache, daß sogar verschiedene Brandarten nachweislich in derselben Ähre, ja sogar in denselben Brandbutten nebeneinander vorkommen können (vergl. Gaßner 4). Andererseits braucht jedoch die Gefahr solcher Mischinfektionen auch nicht übertrieben bewertet zu werden; wenn wir aus dem seltenen Auftreten von Mischinfektionen in Feldern, die gleichzeitig *Tilletia tritici* und *Tilletia*

foetens tragen, Rückschlüsse ziehen dürfen, sind solche Mischinfektionen unter normalen Verhältnissen, vor allem bei nicht zu starkem Brandbefall, anscheinend nicht sehr häufig. Bei den von uns durch zweijährige Prüfungen isoliert herangezogener Nachkommenschaften näher geprüften 32 Brandähren lagen nur 2 Fälle vor, in denen wir mit leidlicher Wahrscheinlichkeit auf die Möglichkeit von Mischinfektionen schließen dürfen; bei den verbleibenden 30 sprach die in den Nachkommenschaften beobachtete völlige oder doch ausreichende Übereinstimmung des keimungsphysiologischen Verhaltens mit demjenigen des Ausgangsmateriales für Einheitlichkeit der Sporen innerhalb der Brandähre. Die Bezeichnung „Brandstämme“ erscheint daher in der Mehrzahl der Fälle sachlich gerechtfertigt.

Im Laufe der Jahre 1935 und 36 haben wir Sporen von mehr als 1000 Brandähren keimungsphysiologisch untersucht, wobei im allgemeinen mehrere Wiederholungen mit verschiedenen Brandbutten derselben Ähre durchgeführt wurden. Das Keimungsbild war innerhalb derselben Ähre bis auf einige wenige Fälle stets einheitlich. Von unserem großen Beobachtungsmaterial können wir hier naturgemäß nur einen kleinen Teil wiedergeben; und zwar beschränken wir uns auf die Darlegung des Keimverhaltens solcher Brandstämme, mit denen dann später auch Infektionsversuche im Felde durchgeführt sind. Zu diesen Hauptversuchen wurden 32 Brandstämme herangezogen, davon 25 *Tilletia foetens* (Herkunft Ankara) und 7 *Tilletia tritici* (Herkunft Sazova und Braunschweig). Außerdem sind noch 8 Stämme der Herkunft Van gleichzeitig keimungsphysiologisch wie auch in Feldversuchen geprüft.

Die Keimprüfungen erfolgten in üblicher Weise durch Aufbringen der Sporen auf Calciumnitratlösung (0,3 ‰). Parallelversuche auf destilliertem Wasser ergaben eine schlechtere Keimung; da sich die zwischen den einzelnen Brandstämmen beobachteten Unterschiede der Keimgeschwindigkeit auf Wasser in der gleichen Richtung bewegten wie auf Calciumnitrat, kann von der Wiedergabe der Versuche auf Wasser abgesehen werden. Die Keimtemperatur betrug, soweit nicht anders erwähnt, übereinstimmend etwa 20°. Für die Einordnung der Brandstämme nach fallender Keimgeschwindigkeit sind die Versuche bei 20° zugrunde gelegt, weil die zwischen schnellkeimenden Stämmen noch vorliegenden feineren Unterschiede hier deutlicher hervortreten als bei tieferen Temperaturen. Die Versuche sind in Dunkelheit durchgeführt, jedoch ließ es sich nicht umgehen, daß die Schalen während der 4-maligen Ablesungen kurze Zeit belichtet wurden. Die Dunkelheit war also keine absolute, weshalb wir im folgenden der Einfachheit halber bei der gewählten Versuchsdurchführung von „relativer“ Dunkelheit sprechen. Dauernde Lichtwirkung (Tageslicht) verbessert die Keimergebnisse; in der Lichtempfindlichkeit der einzelnen Brandstämme scheinen Unterschiede zu bestehen, die Beziehungen zur Keimgeschwindigkeit der Brandstämme aufweisen.

Die Ergebnisse der mit 25 Stämmen von *Tilletia foetens* und mit 7 Stämmen von *Tilletia tritici* durchgeführten Keimversuche sind in den folgenden Tabellen 1 bis 3 zusammengestellt, wobei Tabelle 1 eine bei ca. 20°, Tabelle 2 eine bei 13/14° und Tabelle 3 eine bei ca. 10° durchgeführte Versuchsreihe enthält. Die Bonitierung des Keimverhaltens erfolgte in Anlehnung an das früher im Braunschweiger Institut gebrauchte Schema (Gaßner und Rabien, 5).

Tabelle 1.

**Keimverhalten der Brandsporen von 32 verschiedenen Brandähren
verschiedener Herkunft.**

Nr. 1— 55 Ankara

Nr. 65— 91 Sazova (Eskisehir)

Nr. 105—114 Braunschweig.

Keimung auf 0,3% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, relative Dunkelheit.

Keimtemperatur: 20°

Brandähre Nr.	Keimung nach Tagen				Sporidienbildung nach Tagen			
	3	5	7	12	3	5	7	12
Brandart: <i>foetens</i> .								
43	3	4	4	4	0	3	4	4
8	2,5	4	4	4	0	3	4	4
16	2	3,5	4	4	0	2,5	4	4
52	1,5	3,5	4	4	0	2,5	4	4
39	1	4	4	4	0	1	3,5	4
53	1	3,5	4	4	0	2,5	4	4
29	0,5	4	4	4	0	2,5	4	4
28	0,1	3,5	4	4	0	2,5	3	3,5
20	0,1	3(!)	4	4	0	3	4	4
26	0,1	3(!)	3,5	4	0	2,5	3	4
12	0	3(!)	4	4	0	1,5	3	3,5
7	0	1	2,5	4	0	0,5	1,5	3,5
27	0	0,5	2(!)	3,5	0	0,1	2	3
35	0	0	2,5	3	0	0	1	3
3	0	0	2,5	3	0	0	1	2
2	0	0	1,5	3,5	0	0	0,5	2,5
4	0	0	1,5	3(!)	0	0	0,1	2,5
55	0	0	1,5(!)	2,5(!)	0	0	0,1	1
32	0	0	1	1,5(!)	0	0	0,5	1
1	0	0	0,5	1,5 !	0	0	0	1,5
33	0	0	0,5(!)	0,5(!)	0	0	0,1	0,5
17	0	0	0,1	1,5(!)	0	0	0	1
54	0	0	0,1	1(!)	0	0	0,1	1
18	0	0	0	1,5(!)	0	0	0	0,5
5	0	0	0	1(!)	0	0	0	0,5
Brandart: <i>tritici</i> .								
106	2	3	4	4	0	2	3,5	3,5
109	1,5	3	4	4	0	2	3,5	4
114	0,5	2(!)	2,5(!)	3(!)	0	0,1	1	1,5
105	0	0,5	1,5(!)	2(!)	0	0	0	1
81	0	0	1(!)	1(!)	0	0	0	1
65	0	0	0	1(!)	0	0	0	0,1
91	0	0	0	0,5(!)	0	0	0	0

Es bedeutet:

- 0 = keine Keimung
- 0,1 = ganz vereinzelte Keimung (1 oder 2 gekeimte Sporen auf ca. 5 qcm Fläche)
- 0,5 = sehr schwache und noch unregelmäßige Keimung
- 1 = regelmäßige Keimung bis etwa 1 %
- 2 = regelmäßige Keimung bis etwa 5 %
- 3 = regelmäßige Keimung von etwa 50 %
- 4 = regelmäßige Keimung von wesentlich mehr als 50 %.

Zwischenwerte wurden entsprechend mit 1,5 usw. notiert. Abweichend von der früheren Bezeichnung wurden noch die Zeichen (!), (!!) und (!!!) eingeführt. Zusatz dieser Zeichen bedeutet, daß außer den bereits deutlich gekeimten Sporen eine mehr oder minder große Zahl auch solcher Sporen vorlagen, bei denen die Keimung, nach dem gerade einsetzenden

Tabelle 2.
(Versuchsdurchführung wie in Tabelle 1).
Keimtemperatur: 13/14°.

Brandjähren Nr.	Keimung nach Tagen			Sporidienbildung nach Tagen		
	5	7	12	5	7	12
Brandart: <i>foetens</i> .						
43	3,5	4	4	2	4	4
8	3	4	4	0	4	4
16	4	4	4	3	4	4
52	4	4	4	4	4	4
39	3,5	4	4	2,5	4	4
53	3,5	4	4	3	4	4
29	3,5	4	4	3	4	4
28	4	4	4	3	4	4
20	4	4	4	3	4	4
26	3,5	4	4	3	3	3,5
12	1	3,5	4	0,5	3	3,5
7	2,5	3	4	1,5	2,5	4
27	3,5	4	4	3	3	4
35	1,5	3,5	4	0,1	3	4
3	3	3,5	3,5	2	3	3
2	0	2	4	0	2	4
4	0,1	2,5 (!)	4	0	1	3
55	1	1	2 (!)	0	0,5	2
32	0	1 (!)	2,5 (!)	0	1	2
1	0	0	1,5 (!!)	0	0	1
33	1,5 (!)	1,5	2 (!!)	0	1	1,5
17	0	1 (!)	1,5 (!!)	0	1	1,5
54	1	1	1,5 (!!)	0	1	1
18	0	0,1	1 (!!)	0	0,1	1
5	0	1	1,5	0	1	1
Brandart: <i>tritici</i> .						
106	4	4	4	3	4	4
109	3	4	4	1,5	3	4
114	4	4	4	3	4	4
105	1 (!)	2,5 (!)	3	0	1,5	2,5
81	0	1,5	2,5 (!)	0	0	2
65	0	0	1,5	0	0	0
91	0	0	2	0	0	0

Hervorquellen des Keimschlauches zu urteilen, erst eingeleitet war. Da solche Sporen oft lange in diesem Stadium beharren und den Keimprozeß nur zögernd weiterführen, wurden sie zunächst nicht als vollgekeimt gerechnet.

Außer der Keimung wurde auch der Grad der Sporidienbildung tabellarisch festgehalten, wobei die für die Keimungsintensität gebrauchten Zahlenbezeichnungen sinngemäß verwendet wurden.

Die Ablesungen erfolgten in den 20°-Versuchen nach 3, 5, 7 und 12 Tagen, bei 13/14° nach 5, 7 und 12 Tagen, bei 10° nach 5, 7, 9 und 12 Tagen nach Versuchsbeginn. Alle Versuche sind in mehrfacher Wiederholung durchgeführt; da die Ergebnisse gut übereinstimmen, genügt es, jeweils nur eine Versuchsreihe zur Darstellung zu bringen.

Tabelle 3.

(Versuchsdurchführung wie in Tabelle 1 und 2).

Keimtemperatur: 10°.

Brandähren Nr.	Keimung nach Tagen				Sporidienbildung nach Tagen			
	5	7	9	12	5	7	9	12
Brandart: <i>foetens</i> .								
43	0	4	4	4	0	4	4	4
8	2	4	4	4	0	4	4	4
16	2	4	4	4	0	4	4	4
52	0	4	4	4	0	3	4	4
39	0	4	4	4	0	3	4	4
53	0	4	4	4	0	3	4	4
29	0	4	4	4	0	3	4	4
28	0,1	4	4	4	0,1	4	4	4
20	0	4	4	4	0	4	4	4
26	1(!)	4	4	4	0	3	4	4
12	0	4	4	4	0	4	4	4
7	0	3,5	4	4	0	3	4	4
27	0	3(!)	4	4	0	3	4	4
35	0	2(!)	3	3,5	0	0,1	2	2
3	0	2,5(!)	4	4	0	2	4	4
2	0	2(!)	3,5	4	0	0	2	4
4	0	3	1(!)	1(!!!)	0	0	1	0,5
55	0	2	2	3,5	0	0	0	2
32	0	1(!)	1,5	2(!)	0	0	1,5	2
1	0	0	1(!)	2(!!)	0	0	1	1,5
33	0	1(!!!)	1,5(!)	2,5	0	0	1,5	2
17	0	0	0	2	0	0	0	1
54	0	0	0	0,1	0	0	0	0
18	0	0	0,5	1,5(!)	0	0	0	0
5	0	0	1	1,5	0	0	1	1,5
Brandart: <i>tritici</i> .								
106	2	3(!)	4	4	0	2,5	4	4
109	0,1	4	4	4	0	3	4	4
114	1	3,5	4	4	0	3	4	4
105	0,1	2,5(!)	3	3	0	1,5	2,5	2,5
81	0	1	2	3	0	0	0	1,5
65	0	0	0	2,5	0	0	0	1,5
91	0	0	0	0	0	0	0	0

Die in Tabelle 1 wiedergegebene Versuchsreihe läßt sehr starke Unterschiede des Keimverhaltens hervortreten, auf Grund deren die Brandstämme, und zwar sowohl *Tilletia foetens* wie aber auch *Tilletia tritici*, nach ihrer Keimgeschwindigkeit in eine Reihe eingeordnet werden konnten. Der Keimbeginn schwankt bei den einzelnen Stämmen zwischen 2½ und mehr als 12 Tagen, wenn wir das Erreichen des Keimungsgrades 1,5—2 als Maß des Keimbeginnes wählen; die Sporidienbildung geht den Unterschieden der Keimgeschwindigkeit annähernd parallel.

Bei einer Keimungstemperatur von 13/14° (Tabelle 2) bleibt die Einteilung in schnell und langsam keimende Formen bestehen, jedoch verwischen sich die bei 20° innerhalb der schnellkeimenden Rassen beobachteten feineren Unterschiede. Das gleiche gilt auch für die Keimversuche bei ca. 10° (Tabelle 3). Die Sporidienbildung erfährt mit abnehmender Temperatur vielfach eine Verbesserung.

Die auf Grund der vorstehenden Versuche gemachte Feststellung, daß *Tilletia foetens* und *Tilletia tritici* in eine größere Zahl keimungsphysiologisch eindeutig unterscheidbarer Rassen zerfallen, gilt nicht nur für die hier näher behandelten Brandherkünfte Ankara (*Tilletia foetens*) und Sazowa bezw. Braunschweig (*Tilletia tritici*), sondern ganz allgemein für alle untersuchten Brandherkünfte. Von dem großen Beobachtungsmaterial seien in Tabelle 4 noch die Keimergebnisse mit 8 Brandähren der Herkunft Van angeführt.

Tabelle 4.
Keimverhalten der Sporen (*Tilletia foetens*) von 8 verschiedenen Brandähren der Herkunft Van 1935.

Keimbedingungen wie in Tabelle 1.

Keimtemperatur durchschnittlich 18°.

Brandähre Nr.	Keimung nach Tagen				Sporidienbildung nach Tagen			
	3	5	7	12	3	5	7	12
356	4	4	4	4	2,5	3	4	4
403	2,5	4	4	4	2	3	4	4
385	2,5	4	4	4	1	3	4	4
409	2	4	4	4	1	3	4	4
396	1,5	4	4	4	1,5	4	4	4
405	1	3,5	4	4	1	3,5	4	4
364	0,1	1	2(!)	3,5	0,1	1	1,5	2,5
353	0	1	2,5	2,5	0	0,5	2	2

Die Brandherkunft Van stellt also ebenfalls eine Population von keimungsphysiologisch verschiedenen Formen der *Tilletia foetens* dar: allerdings waren die Unterschiede nicht so auffallend stark wie in den in Tabelle 1—3 untersuchten und anderen, hier nicht im einzelnen berücksichtigten Brandherkünften.

Bei der Durchführung der vorstehend erwähnten Keimversuche wurden nun noch einige weitere Beobachtungen gemacht, die ebenfalls für eine Rassenbildung innerhalb der untersuchten Brandherkünfte sprechen, ohne daß sich jedoch immer gesetzmäßige Beziehungen dieser Merkmale zu den geschilderten Unterschieden des Keimverhaltens erkennen ließen. Es braucht deshalb hier nur kurz auf solche weiteren Rassenmerkmale (vergl. auch Holton, 7) eingegangen zu werden.

Verschieden war zunächst schon vielfach die Beschaffenheit der Sporenmassen, wobei erwähnt sei, daß solche Unterschiede auch bei Brandähren, die von der gleichen Weizensorte gewonnen sind, zutage treten, also nicht auf Eigentümlichkeiten der Wirtspflanze beruhen. Bei bestimmten Stämmen ließen sich die Brandbutten leicht zu einem feinen gleichmäßigen Pulver zerdrücken, während die gleiche Behandlung bei anderen nur zur Entstehung gröberer Klumpen führte. Verschieden war weiter oft die Sporenfarbe, die sowohl bei *Tilletia foetens* wie bei *Tilletia tritici* zwischen einem fast reinen Schwarz und einem hellen Braun variierte. Hand in Hand damit ging meist auch eine hellere oder dunklere Färbung der einzelnen Sporen. Verschieden war auch die Art und Geschwindigkeit, mit der sich die auf die Oberfläche der Calciumnitratlösung aufgetragenen Sporen verteilten. Und verschieden waren schließlich nicht nur die oben ausführlich behandelte Keimgeschwindigkeit, sondern auch die Keimbildung selbst. So war es ohne weiteres möglich, bestimmte Brandlinien und Gruppen von solchen an dem mikroskopischen Wachstumsbild der Keimschläuche wiederzuerkennen.

Einige diesbezügliche Einzelheiten seien hier erwähnt. So sind die besonders schnell keimenden Rassen im allgemeinen durch ein langes, rasch zu bedeutender Länge heranwachsendes Mycel ausgezeichnet (Nr. 43, 8, 16, 52, 39). Verzweigte Keimschläuche wurden fast regelmäßig bei Form 32 beobachtet. Brandlinie 20 (*Tilletia foetens*) und 114 (*Tilletia tritici*) haben ein sehr kräftiges, aber kurzes Mycel. Besonders auffallend war stets das Keimbild von *foetens* 26; die Keimschläuche sind hier ganz allgemein kurz oder gestaucht und haben weiter unregelmäßige Verdickungen, sodaß sie in allen Versuchsprotokollen als „knorrig“ bezeichnet wurden. Bei anderen Formen vollzog sich das Aufplatzen der keimenden Sporen durchaus normal, jedoch blieb die Weiterentwicklung der Keimschläuche überaus langsam und zögernd. Hierhin gehören unter den in Tabelle 1 angeführten Brandlinien solche, bei denen die Zeichen (!) bis (!!!) Verwendung gefunden haben.

Die Sporen aus Brandkörnern der gleichen Ähre verhalten sich nicht nur bezüglich der Keimgeschwindigkeit, sondern auch in den eben angeführten Merkmalen übereinstimmend, sodaß es durchaus möglich scheint, auch auf Grund anderer Merkmale als der Keimgeschwindigkeit zu einer Gruppierung der einzelnen Brandlinien zu kommen.

III. Die keimungsphysiologische Prüfung der Nachkommenschaften.

Mit den in den Tabellen 1—3 angeführten Brandstämmen wurden sowohl 1935 wie 1936 Feldinfektionsversuche durchgeführt, wobei die Versuche des Jahres 1935 mit dem Ausgangsmaterial der Brandähren (Ernte 1934), die Versuche des Jahres 1936 mit der 1935 geernteten Nachkommenschaft (= F 1) angesetzt wurden. Mit der Ernte 1936 (= F 2) standen also außer dem Ausgangsmaterial 2 Nachkommenschaften für vergleichende Keimungsuntersuchungen zur Verfügung. Die Vermehrung war 1935 auf den Weizenstämmen *vulgare* 85/30 und *durum* 211/29, 1936 nur auf dem erstgenannten Weizen erfolgt, da der Hartweizen in diesem Jahr fast keinen Brandbefall zeigte. Einzelheiten der eben erwähnten Infektionsversuche sind im nächsten Abschnitt dieser Arbeit wiedergegeben.

Tabelle 5.
Keimverhalten der *foetens*-Sporen von Brandähre 8
und deren Nachkommenschaften.

Keimung auf 0,3% Ca(NO₃)₂, Temperatur 20°. Relative Dunkelheit.

Ähren			Keimung nach Tagen				Sporidienbildung nach Tagen			
Ernte 1934	F 1 1935	F 2 1936	3	5	7	12	3	5	7	12
Ähre Nr. 8			2,5	4	4	4	0	3	4	4
	A		2,5	4	4	4	0	3	4	4
		a	3,5	4	4	4	0	3	4	4
		b	2	4	4	4	0	3	4	4
		c	2	4	4	4	0	3,5	4	4
		d	2	4	4	4	0	3	4	4
	B		3	4	4	4	0	3	4	4
		a	2,5	4	4	4	0	3	4	4
		b	3	4	4	4	0	3	4	4
		c	2,5	4	4	4	0	3	4	4
		d	2,5	4	4	4	0	3	4	4
	C		2,5	4	4	4	0	3	4	4
		a	3	4	4	4	0	3	4	4
		b	3	4	4	4	0	3	4	4
		c	2	4	4	4	0	3	4	4
		d	2,5	4	4	4	0	3	4	4
	D		3	4	4	4	0	4	4	4
		a	3	4	4	4	0	3	4	4
		b	3	4	4	4	0	3	4	4
		c	2,5	4	4	4	0	3	4	4
		d	2	4	4	4	0	3	4	4

Auch die folgenden Keimversuche sind in der bereits beschriebenen Weise durchgeführt, also auf $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 0,3 %, bei Zimmertemperatur von ca. 20° und in relativer Dunkelheit. Um Versuchsfehler durch Ungleichheiten der Versuchsanstellung, die sich bei der Feststellung der Keimgeschwindigkeit störend bemerkbar machen würden, auszuschließen, sind alle Versuche, also die Prüfung des Keimverhaltens des Ausgangsmaterials 1934, der F 1- und F 2-Generation (Ernte 1935 und 1936), gleichzeitig und in einheitlichen Versuchsreihen im Spätsommer des Jahres 1936 durchgeführt. Das Sporenmaterial war also etwas über 2 Jahre, etwas über 1 Jahr und etwa 2 Monate alt.

Dabei zeigte sich zunächst, daß die im September 1936 mit Sporen der 1934 geernteten Ähren durchgeführten Versuche das gleiche Keimergebnis brachten, wie die mit dem gleichen Sporenmaterial im Winter

Tabelle 6.
Keimverhalten der foetens-Sporen von Brandähre 28
und deren Nachkommenschaften.
 Keimungsbedingungen wie in Tabelle 5.

Ernte 1934	Ähren		Keimung nach Tagen				Sporidienbildung nach Tagen			
	F 1 1935	F 2 1936	3	5	7	12	3	5	7	12
Ähre Nr 28			0,1	3,5	4	4	0	2,5	3	4
	A		0	3,5	4	4	0	3	4	4
		a	0	4	4	4	0	3	4	4
		b	0	4	4	4	0	3	4	4
		c	0	4	4	4	0	3	4	4
		d	0	4	4	4	0	3	4	4
	B		0	4	4	4	0	3	4	4
		a	0,1	4	4	4	0	3	4	4
		b	0	3	4	4	0	3	4	4
		c	0	2,5	4	4	0	2	3	3,5
		d	0,5	4	4	4	0	3	4	4
	C		0	3	4	4	0	2	3	3,5
		a	0	4	4	4	0	3	4	4
		b	0	4	4	4	0	3	4	4
		c	0	4	4	4	0	3	4	4
		d	0	4	4	4	0	3	4	4
	D		0	4	4	4	0	3	4	4
		a	0	4	4	4	0	3	4	4
		b	0	4	4	4	0	3	4	4
		c	0	4	4	4	0	3	4	4
		d	0	4	4	4	0	3	4	4

1934/35 angesetzten Versuchsreihen, über die in Tabelle 1 des vorigen Abschnittes berichtet war. Ein Nachlassen der Keimfähigkeit oder der Keimgeschwindigkeit wurde nicht beobachtet, was wir deshalb ausdrücklich betonen müssen, weil Rabien (12) s. Zt. gefunden hatte, daß die Keimfähigkeit der Brandsporen im dritten Jahre der Aufbewahrung bereits schwach, aber deutlich nachläßt. Das war also in unseren Versuchen nicht der Fall. Wahrscheinlich dürften Unterschiede der Aufbewahrungsbedingungen die Erklärung für die Verschiedenheit der Beobachtungen abgeben. Offensichtlich ist der sehr geringe Feuchtigkeitsgehalt der Luft in Ankara der Erhaltung der Keimfähigkeit günstig gewesen, was mit unseren sonstigen Vorstellungen über Keimfähigkeit und Aufbewahrungsbedingungen gut übereinstimmt (vergl. Kondo, 9, 10, Kondo und Kasahara, 11, u. a.).

Sämtliche in der früheren Tabelle 1 angeführten 32 Brandstämme sind im Herbst 1936 in ihren Nachkommenschaften geprüft. Von diesen

Tabelle 7.
Keimverhalten der *tritici*-Sporen von Brandähre 65
und deren Nachkommenschaften.
Keimungsbedingungen wie in Tabelle 5.

Ähren			Keimung nach Tagen				Sporidienbildung nach Tagen			
Ernte 1934	F 1 1935	F 2 1936	3	5	7	12	3	5	7	12
Ähre Nr. 65			0	0	0	1,5	0	0	0	0,1
	A		0	0	0	1	0	0	0	0
		a	0	0	0	0,5	0	0	0	0,1
		b	0	0	0	0,5	0	0	0	0,1
		c	0	0	0	0,5	0	0	0	0,1
		d	0	0	0	0,5	0	0	0	0,1
	B		0	0	0	0	0	0	0	0
		a	0	0	0	0	0	0	0	0
		b	0	0	0	0	0	0	0	0
		c	0	0	0	0	0	0	0	0
	C		0	0	0	0	0	0	0	0
		a	0	0	0	1	0	0	0	0,1
		b	0	0	0	0	0	0	0	0
	D		0	0	0	0	0	0	0	0
		a	0	0	0	0	0	0	0	0
		b	0	0	0,5	0,1	0	0	0	0
		c	0	0	0	0	0	0	0	0

Versuchen geben wir im folgenden nur die Ergebnisse mit 5 Brandlinien wieder. Wir beginnen mit der Prüfung der Nachkommenschaften der Brandähren 8, 28 und 65, von denen die ersten beiden *Tilletia foetens*, die letztgenannte *Tilletia tritici* sind. Die Stämme sind so ausgewählt, daß sie gleichzeitig 3 verschiedene Keimungstypen repräsentieren: schnellkeimend, weniger schnell keimend und langsam keimend. Um auch einen etwaigen Einfluß der Wirtssorte zu erfassen, sind bei der F 1 die auf 2 verschiedenen Weizensorten erhaltenen Nachkommenschaften nebeneinander geprüft und auch die von diesen 1936 erhaltene F 2 entsprechend getrennt untersucht. Die Nachkommenschaften A und C (1935) sind auf Weizen *vulgare* 85/30, die Nachkommenschaften B und D auf *durum* 211/29 geerntet. Die dazu gehörigen F 2 sind als a—d bezeichnet und jeweils unter derjenigen F 1 angeordnet, aus der sie hervorgegangen sind.

Tabelle 8.
Keimverhalten der *foetens*-Sporen
von Brandähre 33 und deren Nachkommenschaften.
Keimbedingungen wie in Tabelle 5.

Ähren			Keimung nach Tagen				Sporidienbildung nach Tagen			
Ernte 1934	F 1 1935	F 2 1936	3	5	7	12	3	5	7	12
Ähre Nr. 33			0	0	0,5 (!)	0,5 (!!)	0	0	0,1	0,5
	A		0	0	1 (!)	2,5	0	0	0,1	2
		a	0	0	0 u. 3	0 u. 2	0	0	0 u. 1	0 u. 1
		b	0	0	1 (!)	1 u. 2,5	0	0	0,1	0 u. 1
		c	0	0	0,5	1,5 (!)	0	0	0	1,5
		d	0	3	0 u. 3,5	0 u. 4	0	3	0 u. 3	0 u. 3
	B		0	4	4	4	0	3	4	4
		a	0	0	2 (!)	3 (!)	0	0	0	1,5
		b	0	4	4	4	0	3	3	4
		c	0	0	0 u. 2,5	3 (!)	0	0	0 u. 2	1,5
		d	0	1	0 u. 3	3,5	0	1	0 u. 3	3
	C		0	1,5	1 (!) u. 1,5	2 (!!!)	0	0,1	0 u. 1	2
		a	0	0	0	2 (!)	0	0	0	0,5
		b	0	0	0	0	0	0	0	0
		c	0	0	1,5 (!)	2 (!)	0	0	0	0,1
		d	0	3,5	4	4	0	3	3	4
	D		0	4	4	4	0	2,5	4	4
		a	0	0	0,1	1	0	0	0,1	1
		b	0	0,1	1 (!!)	1 (!!)	0	0,1	0,5	1
		c	0	0	1,5 (!)	2 (!!)	0	0	0	2
		d	0	0	0	1,5 (!)	0	0	0	1

Das in den Tabellen 5—7 dargestellte Versuchsergebnis ist eindeutig; sämtliche Nachkommenschaften, sowohl F 1 wie F 2 zeigen bedingungslos den Keimungstypus des Ausgangsmateriales. Die Nachkommenschaften der schnellkeimenden Sporen sind stets wieder Schnellkeimer, die des langsam keimenden Ausgangsmateriales keimen ausnahmslos langsam. In mehreren, hier nicht wiedergegebenen weiteren Versuchen wurde noch eine größere Zahl von Brandbitten der F1- und F 2-Generation nebeneinander geprüft, ohne daß Ausnahmen gefunden werden konnten. Auch sei darauf hingewiesen, daß die auf den ganz verschiedenen und sich, wie später gezeigt wird, auch in der Resistenz deutlich unterscheidenden Weizensorten geernteten Sporen keimungsphysiologisch keine Unterschiede erkennen ließen.

Tabelle 9.
Keimverhalten der *foetens*-Sporen
von Brandähre 55 und deren Nachkommenschaften.
Keimbedingungen wie in Tabelle 5.

Ähren			Keimung nach Tagen				Sporidienbildung nach Tagen			
Ernte 1934	F 1 1935	F 2 1936	3	5	7	12	3	5	7	12
Ähre Nr. 55			0	0	1,5 (!)	2 (!)	0	0	0,1	1,5
	A		0	0	0 u. 1,5	2	0	0	0 u. 0,5	1
		a	0	0	1,5	2	0	0	0	1,5
		b	0	0	1 (!)	2	0	0	0	1
		c	0	0	1,5 (!)	2,5	0	0	0,5	2
		d	0	0	0,1	2	0	0	0	1
	B		0	0	0	0,1	0	0	0	0
		a	0	0	0	0,1	0	0	0	0
		b	0	0	0	0,1	0	0	0	0
		c	0	0	0	1	0	0	0	0
		d	0	0	0,1	1	0	0	0	0
	C		0	0	1,5 (!!)	3	0	0	0,1	2
		a	0	0	2 (!)	3	0	0	1,5	1
		b	0	0	0 u. 2	3,5	0	0	0 u. 1	2
		c	0	0	1 u. 2,5	3	0	0	0 u. 1	1
		d	0	0	0,5 u. 2 (!)	3,5	0	0	0,5	2
	D		0	0	1 u. 2 (!)	3	0	0	0	1,5
		a	0	0	2 u. 1 (!)	2,5	0	0	1	1
		b	0	0	1,5 (!)	3,5	0	0	1	2,5
		c	0	0	2 (!)	3	0	0	2	2,5
		d	0	0	1 (1)	2,5	0	0	0	1

Wie schon erwähnt, haben wir in der oben geschilderten Weise sämtliche in den Tabellen 1—3 angeführten Brandstämme geprüft. Bei der überwiegenden Mehrzahl, nämlich bei Nr. 1, 2, 3, 4, 8, 12, 16, 17, 18, 20, 26, 28, 29, 32, 35, 39, 43, 52, 53, 54, 65, 91, 105, 106, 109 und 114 wurde ausreichende Übereinstimmung des Keimverhaltens zwischen Ausgangsmaterial, F 1 und F 2 beobachtet. Vereinzelte, aber wohl auf Versuchsfehlern beruhende und in Wiederholungsversuchen nicht oder in anderer Richtung hervorgetretene Schwankungen lagen bei den Stämmen 5, 7, 27 und 81 vor; wir neigen der Ansicht zu, daß die hier vereinzelt beobachteten Unregelmäßigkeiten keinen Beweis für Uneinheitlichkeit des Sporenmaterials darstellen. Versuchsstörungen lassen sich nicht restlos ausschließen, weil bei einer so großen Zahl von vergleichenden Keimversuchen nicht steril gearbeitet werden kann; jedes Auftreten von Bakterien aber verschlechtert die Sauerstoffverhältnisse und beeinflußt daher die Keimung ungünstig.

Nur bei 2 von den geprüften 32 Brandstämmen wurden Störungen beobachtet, die sichtlich außerhalb der Fehlergrenzen lagen und auch in Wiederholungsversuchen bestätigt wurden. Es sind das die Brandähren 33 und 55; die an den Nachkommenschaften dieser Ähren gemachten Beobachtungen sollen deshalb in den Tabellen 8 und 9 ausführlich wiedergegeben werden.

Nach Tabelle 8 zeigen die Sporen der Originalähre 33 (*Tilletia foetens*) eine sehr langsame Keimung, was mit den früheren Feststellungen (Tabelle 1) in Übereinstimmung steht. Die Sporen der F 1 dagegen keimen ziemlich schnell, vor allem die auf Weizen 211/29 geernteten (B, D). In der F 2 liegen deutliche Schwankungen vor, teils ein zögerndes Keimverhalten wie bei dem Ausgangsmaterial des Jahres 1934, teils aber wieder eine ziemlich rasche Keimung. Auffallend ist weiter, daß die jeweils einer Brandbutte entsprechenden Keimschalen die gewohnte Einheitlichkeit des Keimbildes mehrfach vermissen lassen; in der mit Sporen einer Brandbutte beimpften Schale liegen dann räumlich getrennt oft Stellen mit schlechter und solche mit schneller Keimung.

Bei den Nachkommenschaften der Brandähre 55 (Tabelle 9) fällt eine F 1 und deren Nachkommenschaften (B und B a—d) aus dem sonstigen Keimbild heraus; gleichzeitig machen sich auch hier wieder innerhalb der einzelnen Schalen Unregelmäßigkeiten geltend.

Demnach gibt es außer den weiter oben beschriebenen Fällen vollständiger Einheitlichkeit in den geprüften Generationen auch solche, in denen Störungen vorliegen. Ob es sich hierbei um eine Mischinfektion der verwendeten Brandähren, also eine Zusammensetzung des Ausgangsmaterials aus verschiedenen Brandstämmen handelt, oder aber ob es bei Einheitlichkeit des Ausgangsmaterials zu einer „Aufspaltung“ in den Nachkommenschaften gekommen ist, läßt sich nicht entscheiden. Da aber

die Mehrzahl der untersuchten Brandähren in den Nachkommenschaften keimungsphysiologisch unverändert blieb, erscheint es wahrscheinlicher, daß bereits das Ausgangsmaterial der fraglichen „Stämme“ verschiedene Rassen enthielt.

Die an den Nachkommenschaften gemachten Beobachtungen ergaben weiter, daß sich auch andere im Ausgangsbrandmaterial beobachtete Eigentümlichkeiten bei den Sporen der Nachkommenschaften wiederfinden können. Besonders deutlich war dies bei der Rasse 26, die eigenartig knorrige Keimschläuche bildet. Diese lagen in genau derselben Weise sowohl im Ausgangsmaterial wie aber auch in der F 1 und der F 2 vor.

IV. Das Infektionsvermögen der geprüften Brandstämme.

Mit den in den Versuchen der vorstehenden Abschnitte keimungsphysiologisch geprüften Brandstämmen wurden sowohl 1935 wie 1936 Feldversuche durchgeführt, indem 2 Weizensorten mit möglichst gleichgehaltenen Brandmengen infiziert und zur Aussaat gebracht wurden.

Es ist bekannt und an sich selbstverständlich, daß die Höhe des Brandbefalles von der Infektionsstärke abhängt, wenn wir unter Infektionsstärke in nicht ganz zulässiger Weise die auf das Saatgut gebrachte Sporenmenge verstehen. Um einen Einblick in die auf dem Versuchsfeld Ankara vorliegende Abhängigkeit des Brandauftretens von der Infektionsstärke und damit in die Bedeutung etwaiger Schwankungen der Infektionsstärke in vergleichenden Versuchen mit verschiedenen Brandrassen zu gewinnen, wurde 1936 ein Versuch mit steigenden Sporenmengen durchgeführt.

Tabelle 10.

Einfluß der Infektionsstärke auf den Brandbefall.

Vulgare-Weizen 85/30 infiziert mit Brandbutten von 2 Ähren derselben Brandpflanze (Nachkommenschaft 1935 des Brandstamms 8).

1000-Korngewicht des Weizens: 44,6 g.

Durchschnittliches Gewicht der einzelnen Brandbutte: 13,8 mg.

Aussaat: 26. März 1936, je 2 × 100 Korn.

Brandbutten (Zahl)	Weizen- menge	Brandmenge je Kilogramm Weizen	Gesunde : kranke Ähren	Brandbefall
	g	g		%
0	80	0	803 : 0	0
1/2	80	0,09	862 : 11	1,3
1	80	0,17	790 : 14	1,7
1	40	0,34	756 : 21	2,7
1	20	0,69	621 : 21	3,3
2	20	1,38	601 : 40	6,3
3	20	2,07	631 : 90	12,5
4	20	2,76	705 : 118	14,3
6	20	4,14	597 : 167	21,8
20	20	13,80	709 : 301	29,8

Bei der Beurteilung der in Tabelle 10 wiedergegebenen Versuchsreihe ist zu berücksichtigen, daß das Jahr 1936 für Brandversuche recht ungeeignet war. Der verwendete Brandstamm ist für den Weizen 85/30 an sich aggressiv; wenn trotzdem verhältnismäßig geringe Brandprozente auftraten, so erklärt sich dies außer durch die späte Frühjahrssaat in erster Linie durch schwere Schädigungen der Versuchsparzellen als Folge stärksten Gelbrostbefalles. Dieser und eine höchst unerwünschte Schädigung der basalen Halmteile durch *Mayetiola* und *Cephus* machten es weiter erforderlich, statt des sonstigen Auszählens von Brandpflanzen die Feststellung des Brandbefalles durch Auszählen von Brandähren vorzunehmen.

Wenn wir von den in solchen Feldinfektionsversuchen unvermeidlichen und auf einem systematischen Fehler beruhenden Schwankungen des Brandbefalles (vergl. Bonne, 2) absehen, haben wir etwa bis zu 4 g Sporenmenge je kg Weizen ein der Infektionsstärke parallel gehendes Steigen des Brandbefalles. Bei weiterer Erhöhung der Sporenmenge nähert sich die Befallskurve sichtlich asymptotisch einem Maximalwert, da die Steigerung der Sporenmenge von 4 auf 14 g den Brandbefall nur noch von 21,8% auf 29,8% zu erhöhen vermochte. Für die Durchführung vergleichender Infektionsversuche mit verschiedenen Brandstämmen wäre es also an sich das Gegebene gewesen, Brandsporen im Überschuß zuzugeben. Das war leider nicht möglich, weil nur begrenzte Sporenmengen zur Verfügung standen. Es mußte also mit einer geringeren Infektionsstärke gearbeitet werden, wobei aber Ungleichheiten der Versuchsdurchführung durch Verwendung einer entsprechenden Brandbuttenzahl ausgeschaltet wurden. Der Ausgleich etwa vorhandener Größenunterschiede der Brandbutten erfolgte durch Wahl einer größeren oder kleineren Brandbuttenzahl.

In den Versuchen des Jahres 1935 wurden 30 g Weizen (*vulgare* 85/30 und *durum* 211/29) mit 4—6 unter allen Vorsichtsmaßnahmen zerriebenen Brandkörnern (Originalähren 1934) infiziert; in den Versuchen des Jahres 1936 kamen auf je 20 g *vulgare* 85/30 (1000-Korngewicht 44,6 g) bzw. auf je 25 g *durum* 211/29 (1000-Korngewicht 55,6 g) im allgemeinen 4 Brandbutten der Sporenernte 1935; soweit die Brandbutten besonders groß oder klein waren, wurde ihre Zahl gewichtsmäßig auf 4 „Normal“-Brandbutten eingestellt.

Das zu den Versuchen verwendete Saatgut wurde zunächst während einer 1-stündigen Tauchbeize mit 0,15%-iger, also stärker als normaler Formaldehydlösung sorgfältig von allen vorhandenen Brandbutten gereinigt, dann zur Vermeidung schädlicher Nachwirkungen des Formalins (vergl. Zade, 18) mehrfach gut gewaschen und wieder zurückgetrocknet. Die mit solchem Saatgut in großem Umfang durchgeführten Kontrollversuche

ergaben stets völlig brandfreien Bestand, was natürlich die erste Voraussetzung für die Brauchbarkeit der Versuchsergebnisse darstellt.

Die Aussaat der Parzellen erfolgte 1935 vom 23. bis 25. II., 1936 in der Zeit vom 28. III. bis 1. IV. Gesät wurden 1935 je 2, 1936 je 4 Parzellen mit je 300 Korn. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle 11 zusammengestellt; dabei sind die Versuche 1936 mit *durum* 211/29 in

Tabelle 11.

**Brandbefall eines *Durum*- und eines *Vulgare*-Weizens,
nach gleichmäßiger Infektion mit Sporen von 32 verschiedenen Brand-
ähren (Versuch 1935) bzw. deren Nachkommenschaften (Versuch 1936).**

Brandstamm Nummer	1935				1936	
	<i>Durum</i> 211/29		<i>Vulgare</i> 85/30		<i>Vulgare</i> 85/30	
	Gesunde : kranke Pflanzen	Brand %	Gesunde : kranke Pflanzen	Brand %	Gesunde : kranke Ähren	Brand %

Brandart: *foetens*.

43	258:17	6,2	218:118	35,1	1887:110	5,5
8	230:45	16,4	150:179	54,4	1339:374	21,8
16	273:7	2,5	305:100	24,7	1689:149	8,1
52	305:9	2,9	303:47	13,4	1703:118	6,5
39	231:17	6,9	308:60	16,3	1908:139	6,8
53	287:17	5,6	302:70	18,8	1655:169	9,3
29	273:4	1,4	288:61	17,5	1955:107	5,2
28	273:4	1,4	259:73	22,0	1766:86	4,6
20	264:4	1,5	265:81	23,4	1547:130	7,8
26	270:18	6,3	230:128	35,8	1595:88	5,2
12	260:45	14,8	322:44	12,0	1703:55	3,1
7	275:9	3,2	269:43	13,8	1865:58	3,0
27	273:9	3,2	161:181	52,9	1655:313	15,9
35	174:86	33,1	321:72	18,3	1895:37	1,9
3	259:11	4,1	252:65	20,5	1573:66	4,0
2	162:78	32,5	247:24	8,9	1745:61	3,4
4	236:52	18,1	309:24	7,2	1736:58	3,2
55	294:12	3,9	203:151	42,7	1640:210	11,4
32	271:11	3,9	396:4	1,0	1892:22	1,1
1	210:36	14,6	298:39	11,6	1615:6	0,4
33	277:7	2,5	280:65	18,8	1764:113	6,0
17	265:22	7,7	375:22	5,5	1903:36	1,9
54	280:5	1,8	257:118	31,5	1954:78	3,8
18	276:19	6,4	375:18	4,6	1797:3	0,2
5	255:45	15,0	302:9	2,9	1673:76	4,3

Brandart: *tritici*.

106	81:22	21,4	115:191	62,4	2056:59	2,8
109	200:42	17,4	151:168	52,7	2052:57	2,7
114	259:23	8,2	155:175	53,0	1916:174	9,4
105	231:19	7,6	163:151	48,0	2000:27	1,3
81	243:23	8,6	285:16	5,3	1784:39	2,1
65	270:22	7,5	292:8	2,7	1926:12	0,6
91	252:31	10,9	261:24	8,4	1897:27	1,4

Fortfall gekommen, weil der Brandbefall hier überall sehr schwach (selten über 1 %) blieb, sodaß sich Gesetzmäßigkeiten nicht ableiten ließen.

Die Anordnung der Versuche erfolgte in der nach Keimgeschwindigkeit der Sporen gefundenen Reihenfolge der Brandstämme (siehe Tabelle 1); jedoch soll auf die Frage nach etwaigen Beziehungen zwischen Keimgeschwindigkeit und Infektionsvermögen erst im nächsten Abschnitt eingegangen werden. Andererseits erscheint es zweckmäßig, hier schon auf die in der späteren Tabelle 12 (siehe Seite 510) gegebene Zusammenstellung der relativen Brandwerte hinzuweisen, weil diese die Übersicht der Versuchsergebnisse erleichtert. Denn der Brandbefall war nicht nur zwischen beiden Weizensorten quantitativ verschieden, sondern vor allem auch 1936 weit schwächer als 1935, so daß der richtige und unmittelbare Vergleich der Brandprocente ohne Berücksichtigung der relativen Brandwerte erschwert ist.

Der Befall des *durum* 211/29 läßt sich nur auf Grund der Versuche des Jahres 1935 beurteilen, weil dieser Weizen 1936 fast keinen Brand zeigte. Gegenüber *Tilletia foetens* betrug der maximale Befall von 211/29 im Jahre 1935 33,1% (Stamm 35), der minimale 1,4% (Stämme 28 und 29). Bei Infektion mit *Tilletia tritici* sind die Schwankungen etwas geringer und bewegen sich zwischen 21,4 und 7,5%.

Der Weizen *vulgare* 85/30 wurde 1935 durch *Tilletia foetens* je nach Brandstamm mit 1,0 bis 54,4% befallen; die Ausschläge sind hier also größer als bei *durum* 211/29. Das gleiche gilt für *Tilletia tritici*, wo Minimal- und Maximalwerte bei 2,7 bzw. 62,4% liegen.

In den Versuchen des Jahres 1936 bewegen sich die Schwankungen des Brandbefalles von Weizen 85/30 bei Infektion mit *Tilletia foetens* zwischen 0,2 und 21,8%, bei *Tilletia tritici* zwischen 0,6 und 9,4%. Bei diesen Werten ist zu berücksichtigen, daß es sich um Ährenablesungen handelt, während 1935 gesunde und kranke Pflanzen ausgezählt waren.

In der absoluten Höhe des Brandbefalles haben wir zwischen den Jahren 1935 und 1936 deutliche Unterschiede. Leider wissen wir heute noch nicht, ob sich die Befallsstärke der gleichen Weizensorte gegenüber denselben Brandstämmen stets parallel verschiebt, ob also die Reihenfolge der Brandanfälligkeit von der Höhe der Befallsstärke beeinflußt wird oder nicht. Ein Vergleich von Versuchen mit starken Unterschieden der durchschnittlichen Befallsstärke ist also an sich und bei dem heutigen unzureichenden Stand unserer Kenntnisse eine mißliche Sache. Bei geringer Befallsstärke, wie im Jahre 1936 müssen sich weiter schon kleine und unvermeidliche Schwankungen der Befallswerte in unverhältnismäßig starken Ausschlägen der Relativwerte bemerkbar machen; die natürlichen Fehlergrenzen sind hier also wesentlich höher als in Jahren mit schwerem Befall.

Wir werden deshalb völlige Übereinstimmung in den Ergebnissen der Jahre 1935 und 1936 kaum erwarten dürfen. Immerhin lassen sich Übereinstimmungen erkennen. So bewirkten von den *foetens*-Stämmen in beiden Jahren Nr. 8 maximalen, Nr. 27 und 55 hohen Befall. Stärkerer bis mittlerer Brandbefall liegt in beiden Jahren bei den Stämmen 16, 20 und 43 vor. Deutliche Resistenz wurde sowohl 1935 wie 1936 bei 17, 18 und 32 beobachtet. Weniger gut ist die Übereinstimmung bei einigen anderen Brandstämmen, jedoch darf eben nicht vergessen werden, daß die relativen Brandwerte (vergl. Tab.12) bei schwachem Befall schon durch geringe Änderungen der absoluten Befallzahlen übertrieben stark beeinflußt werden.

Gegenüber *Tilletia tritici* zeigte sich der Weizen 85/30 in beiden Jahren stets anfällig gegen Stamm 114, deutlich resistent gegen Nr. 65. Auch die Stämme Nr. 81 und 91 zeigen in beiden Jahren ähnliches Verhalten, während bei den übrigen Schwankungen auftreten, über deren Ursachen und Bewertung wir heute eben noch nichts sagen können.

Vergleichen wir das Brandverhalten von *durum* 211/29 und *vulgare* 85/30 gegenüber den gleichen Brandstämmen, so liegt bei *Tilletia foetens* keine Übereinstimmung vor. So erfolgte der maximale Befall des *Durum*-Weizens durch die Brandstämme 2 und 35, denen gegenüber *vulgare* 85/30 deutlich resistent oder doch zum mindesten nicht anfällig ist. Umgekehrt steht dem starken Befall des *vulgare*-Weizens durch Nr. 27 Resistenz des *Durum*-Weizens gegen diese Rasse gegenüber. Solche Beispiele gegensätzlichen Verhaltens der gleichen Brandstämme auf den beiden verwendeten Weizensorten treten uns noch mehrfach entgegen (Nr. 1, 4, 5, 12, 16, 18, 20, 55). Gegenüber *Tilletia tritici* ist die Gegensätzlichkeit des Brandverhaltens der beiden Weizensorten gegenüber denselben Brandstämmen weniger auffällig; nur bei Nr. 114 haben wir hohen Befall auf *vulgare*-, schwächeren auf *durum*-Weizen.

Mit den in Tabelle 11 wiedergegebenen Versuchen ist der Nachweis erbracht, daß die von uns untersuchten Brandherkünfte (*Tilletia foetens*-Ankara, *Tilletia tritici*-Sazova und Braunschweig) nicht nur keimungsphysiologisch, sondern auch bezüglich ihres Infektionsvermögens in eine Zahl von Brandstämmen zerfallen. Das gleiche gilt für die *foetens*-Herkunft Van, die keimungsphysiologisch in den bereits wiedergegebenen Versuchen in Tabelle 10 (S. 503), bezüglich ihres Infektionsverhaltens in den Versuchen der später gebrachten Tabelle 13 (S. 513) geprüft ist.

Die Tatsache, daß *Tilletia* in physiologische Rassen zerfällt, die sich durch verschiedene, auch gegensätzliche Aggressivität gegenüber einzelnen Weizensorten unterscheiden, ist nicht neu. Die Wiedergabe unserer eigenen Untersuchungen rechtfertigt sich zunächst schon dadurch, daß wir nicht wie die Mehrzahl der bisherigen Autoren (Gaines, 3, Roemer, 13, 14, Bonne, 2) mit Brandpopulationen, sondern mit einzelnen Brand-

ähren bzw. deren exakt herangezogenen Nachkommenschaften, also mit Einheiten gearbeitet haben, die mit einem gewissen Recht als Brandlinien bezeichnet werden können. Nachdem so der Nachweis erbracht ist, daß jede Herkunft tatsächlich in Rassen zerfällt, muß gefordert werden, daß in Zukunft zu Untersuchungen über die Spezialisierungsverhältnisse von *Tilletia* keine Gemische von Brandstämmen mehr Verwendung finden. Vor allem muß die weitere Prüfung der Frage zwecklos erscheinen, ob und in welchem Umfange die Aggressivität von Steinbrandherkünften durch die jeweilige Wirtssorte beeinflußt wird. Bereits Bonne (2) hat solche Änderungen festgestellt, die dann später auch von Roemer und Bartholly (14) bestätigt werden: „Die Wirtssorten bewirken eine deutliche, aber spezifisch verschiedene Veränderung der Aggressivität der Steinbrandherkünfte einem Testsortiment gegenüber.“ Das ist natürlich so und muß so sein, wenn wir die vorstehenden Feststellungen über das bunte Durcheinander von physiologischen Rassen in derselben Steinbrandherkunft bedenken.

Mit der von uns gewählten Verwendung einzelner Brandähren als Ausgangsmaterial zu „Brandstämmen“ soll nun durchaus nicht gesagt werden, daß dieses Verfahren einem strengen Maßstab an die Reinheit der „Linien“ gerecht wird; wir haben ja auch bereits bei der keimungsphysiologischen Prüfung der Nachkommenschaften zum Ausdruck gebracht, daß in der einzelnen Brandähre unter Umständen Mischinfektionen, also mehrere Linien vorliegen können. Andererseits aber bedeutet die Verwendung von Brandlinien sicher einen großen Fortschritt gegenüber der bisher üblichen Prüfung wild zusammengesetzter Populationen. Wir können nunmehr in verhältnismäßig einfacher Weise, nämlich durch getrennte Prüfung einzelner Brandähren, solche Populationen in ihre Komponenten zerlegen. Praktisch wird sich das so gestalten, daß zunächst die für die Einzelprüfung erforderlichen Brandähren durch einen besonderen Vorversuch gewonnen werden; hierbei müssen 2 Vorsichtsmaßnahmen Verwendung finden: 1. der Gebrauch eines Gemisches von möglichst verschiedenartigen Weizenlinien, um eine unerwünschte selektive Wirkung der Wirtspflanze auszuschalten, und 2. die Anwendung einer nur schwachen Infektion, um die Gefahr von Mischinfektionen innerhalb der gleichen Weizenähre nach Möglichkeit herabzusetzen.

V. Vergleich des Keimverhaltens und des Infektionsvermögens verschiedener Brandstämme.

Da Keimung des Weizenkornes und Keimung der Brandsporen zeitlich aufeinander abgestimmt sein müssen, wenn es zu einer Infektion kommen soll, liegt der Gedanke nahe, das Resistenzverhalten der Weizensorten gegenüber dem Steinbrand auch von dem Gesichtspunkt der gegenseitigen Keimgeschwindigkeit zu beurteilen. Bereits v. Tubeuf (17) hat

ausgesprochen, daß möglicherweise zwischen Keimgeschwindigkeit und Resistenz einzelner Weizensorten Beziehungen bestehen; in Übereinstimmung damit konnten dann Appel und Gaßner (1) nachweisen, daß der besonders resistente Ohio-Weizen tatsächlich eine auffallend hohe Keimgeschwindigkeit besitzt, also den langsamer keimenden Brandsporen zu entwachsen scheint. Daß Beziehungen zwischen Brandbefall und Keimung von Parasit und Wirtspflanze eine Rolle spielen können, haben dann auch die Untersuchungen von Rabien (12) mit verschiedenen vorgekeimten Sporen und Körnern ergeben. Andererseits aber lassen die Ergebnisse der von Kirchner (8) durchgeführten Versuche keinen Zweifel, daß von allgemein gültigen Beziehungen zwischen Resistenzverhalten und spezifischer Keimgeschwindigkeit nicht gesprochen werden kann. In dem gleichen Sinne sprechen auch die Untersuchungen von Straib (16), der statt der Keimgeschwindigkeit die Wachstumsgeschwindigkeit der jungen Pflanzen als Maßstab nimmt. Während bei 8 Sommerweizensorten „mit steigender Wachstumsgeschwindigkeit der Keimpflanze bis zum 10. Tag der Brandbefall der Sorte abnimmt“, ließen sich bei Winterweizen überhaupt keine Korrelationen zwischen Brandbefall und Entwicklungsgeschwindigkeit der Pflanze auffinden.

Wenn noch ein Zweifel bestehen konnte, daß Unterschiede in der Keimgeschwindigkeit der Weizensorten nicht die ausschließliche Ursache des Resistenzverhaltens gegen Brand darstellen, so ist dieser Zweifel durch die Feststellungen über die Spezialisierungsverhältnisse von *Tilletia* und das wechselnde Verhalten der gleichen Sorte gegen verschiedene Brandstämme endgültig behoben. Trotzdem bleibt vor allem im Hinblick auf die Feststellungen von Rabien (12) über die Abhängigkeit des Brandbefalles von Entwicklungsunterschieden von Brandpilz und Nährpflanze die Frage offen, ob nicht doch in bestimmten Fällen die Unterschiede der Keimgeschwindigkeit eine Rolle spielen können.

Diese Frage ist nun durch die obigen Feststellungen stärkerer keimungsphysiologischer Unterschiede bei den einzelnen Brandrassen in ein neues Stadium getreten. Denn in den bisherigen Untersuchungen ist stets nur die Keimgeschwindigkeit der Weizensorten als variabler Faktor geprüft. Wir wissen nunmehr aber, daß sich die einzelnen Brandlinien durch recht ungleiche Keimgeschwindigkeit unterscheiden, und daß die hier beobachteten Unterschiede rein zahlenmäßig betrachtet wesentlich stärker sind als die Verschiedenheiten in der Keimgeschwindigkeit der Körner verschiedener Weizensorten. So ergibt sich die Notwendigkeit die Frage nach der Bedeutung der Keimgeschwindigkeit für das Resistenzproblem einer erneuten Betrachtung zu unterziehen, wobei wir uns natürlich von vorneherein darüber klar sein müssen, daß auch die stärksten Unterschiede im Keimverhalten der Sporen das gegensätzliche Verhalten der gleichen Brandstämme auf verschiedenen Weizenformen niemals zu

erklären imstande sein können. Es besteht aber auf der anderen Seite die Möglichkeit, daß unter den Faktoren, welche die spezifische Aggressivität der Brandlinien bedingen, auch die Keimgeschwindigkeit eine gewisse Rolle spielt und daher berücksichtigt werden muß.

In der folgenden Tabelle 12 sind Keimverhalten und Infektionsvermögen der zu den näheren Untersuchungen herangezogenen 32 Brandstämme nochmals gegenübergestellt. Als Maß der Keimgeschwindigkeit

Tabelle 12.

Vergleichende Zusammenstellung von Keimverhalten und Infektionsvermögen der Sporen von 32 Brandähren bzw. deren Nachkommenschaften.

Versuchsunterlagen siehe Tabelle 1 und Tabelle 11.

Brandbefall als **relative Werte** in Prozenten des durchschnittlichen Brandbefalls der betreffenden Versuchsreihe.

Brandstamm Nummer	voller Keimbeginn Tage	Relative Werte des Brandbefalls.		
		1935 <i>Durum</i> 211/29	1935 <i>Vulgare</i> 85/30	1936 <i>Vulgare</i> 85/30

Brandart: *foetens*.

43	2,5	70	150	110
8	2,5	180	230	420
16	3	30	100	160
52	3	30	60	130
39	3,5	70	70	130
53	3,5	60	80	180
29	4	20	80	100
28	4	20	90	90
20	4,5	20	100	150
26	4,5	70	150	100
12	4,5	160	50	60
7	6	30	60	60
27	6	30	230	310
35	6	360	80	40
3	6	40	90	80
2	7	350	40	70
4	7	190	30	60
55	7	40	180	220
32	12	40	5	20
1	12	160	50	10
33	> 12	30	80	120
17	12	80	20	40
54	> 12	20	130	70
18	12	70	20	5
5	> 12	160	10	80

Brandart: *tritici*.

106	3	230	270	50
109	3,5	190	230	50
114	5	90	230	180
105	7	80	210	30
81	> 12	90	20	40
65	> 12	80	10	10
91	> 12	120	40	30

wurde der „volle Keimbeginn“ der Sporen gerechnet, worunter wir den Zeitpunkt verstehen, zu dem der durchschnittliche Keimungsgrad 1,5—2 erreicht ist; das Auftreten der allerersten und unbedeutenden Keimungen gestattet keinen richtigen Einblick in den wirklichen Beginn der Keimung, da es sich hier um nur zufällige und gelegentliche Keimungen handeln kann.

Um die Beurteilung des Infektionsvermögens der Sporen von den durch Weizensorte und Jahreseinflüssen bedingten allgemeinen Schwankungen des Brandbefalles frei zu machen, wurden in der Tabelle 12 nicht die absoluten Brandprozente, sondern die relativen Brandwerte mitgeteilt. Die angegebenen Zahlen sind Prozente des jeweiligen durchschnittlichen Brandbefalles, wobei die Versuche der einzelnen Jahre getrennt für sich berechnet wurden.

Bei der Beurteilung der Versuchsergebnisse ist zu berücksichtigen, daß naturgemäß auch die auf den durchschnittlichen Brandbefall bezogenen Relativzahlen die in Brandversuchen allgemein üblichen Schwankungen der Versuchswerte (vergl. Bonne 2) zum Ausdruck bringen, so daß geringe Unterschiede nicht übertrieben bewertet werden dürfen. Von relativer Anfälligkeit können wir mit Sicherheit dann sprechen, wenn die Zahlenwerte wesentlich über dem = 100 gesetzten Durchschnitt liegen, von Resistenz, wenn sie diesen Durchschnitt deutlich unterschreiten. Zahlen, die sich um 100 herum bewegen, zeigen Anfälligkeit mittleren Grades an.

Wenn wir zunächst die mit *vulgare* 85/30 durchgeführten Versuche betrachten, so sehen wir, daß die Brandstämme mit hoher Keimgeschwindigkeit im allgemeinen Anfälligkeit oder doch zum mindesten Anfälligkeit mittleren Grades auslösen. Umgekehrt überwiegen bei den Brandrassen langsamen Keimverhaltens Brandwerte, die auf Resistenz schließen lassen. Und zwar gilt dies sowohl für *Tilletia foetens* wie auch für *Tilletia tritici*. Dabei soll nicht verkannt werden, daß auch einige Ausnahmen vorliegen, und daß vor allem auch mehrfach Brandstämme gleichen Keimverhaltens stark verschiedene Aggressivität besitzen. So bewirken die Stämme 27 und 55 starken Brandbefall, während die keimungsphysiologisch zwischen ihnen stehenden Stämme zum Teil nur geringe Brandprozente auslösen.

Solche Widersprüche zeigen, daß es unmöglich ist, ausschließlich die Keimgeschwindigkeit der Brandsporen für die Aggressivität der betreffenden Brandlinien verantwortlich zu machen. Andererseits bleibt die Tatsache bestehen, daß der Weizen 85/30 tiefe Brandwerte niemals bei solchen Rassen aufweist, die durch hohe Keimgeschwindigkeit ausgezeichnet sind. Offensichtlich ist also das Zustandekommen hoher Aggressivität hier an mehrere Eigenschaften des Brandpilzes gebunden, unter denen aber die Keimgeschwindigkeit der Sporen auch eine gewisse Rolle spielt.

Wesentlich schwieriger ist nun die Deutung des Verhaltens der gleichen Brandstämme auf *durum* 211/29. Bei *Tilletia tritici* haben wir allerdings die höchsten Brandwerte wieder bei den beiden am schnellsten keimenden Brandstämmen; wir wollen diesen Befund nicht überschätzen, da unter den Brandformen mit langsamem Keimungsablauf in Nr. 91 ein Stamm vorliegt, der bei der gewählten Durchschnittsbewertung immerhin mehr als mittleren Brandbefall aufweist.

Mit Sicherheit aber können wir sagen, daß sich die *foetens*-Stämme auf Weizen 211/29 tatsächlich anders verhalten als auf *vulgare* 85/30. In offensichtlichem Gegensatz zu diesem beobachten wir nunmehr die stärksten Anfälligkeitsgrade gegen *foetens* nicht mehr bei den Brandformen mit schnellem Keimverlauf, sondern mit Ausnahme von Rasse 8 gerade bei mittelschnell oder sogar langsam keimenden Sporenformen, in einem Fall (Nr. 5) sogar bei einer ganz zögernd keimenden Rasse. Dieser letztgenannte Fall ist noch, wie nebenbei bemerkt sei, insoweit von besonderem Interesse, als er zeigt, daß die bei Infektion des Weizens 85/30 mit langsam keimenden Brandformen vielfach beobachteten geringen Brandwerte nicht einfach auf mangelhafte Keimfähigkeit des Sporenmaterials zurückgeführt werden können.

Es fällt also auf, daß die höchsten relativen Brandwerte des Weizens 211/29 im allgemeinen nicht bei den Schnellkeimern, sondern gerade bei den weniger schnell keimenden Sporenformen liegen. Bei den Schnellkeimern haben wir sogar oft auffallend niedrige Brandzahlen, also Resistenz gegen diese Rassen. Im übrigen können wir auch bei 211/29 feststellen, daß Stämme gleichen Keimverhaltens durchaus nicht immer gleichen Brandbefall bewirken. Besonders auffallend in dieser Hinsicht sind die starken Brandwerte der Formen 35, 2 und 4, denen ein nur geringer Brandbefall durch die keimungsphysiologisch gleichen oder ähnlichen Formen 27, 3 und 55 gegenübersteht.

Es liegt also bei Weizen 211/29 mit Sicherheit keine Gesetzmäßigkeit dahin vor, daß Brandrassen mit schneller Keimung überwiegend hohe Brandwerte bedingen. Ferner zeigen die eben erwähnten Verschiedenheiten der Brandwerte bei keimungsphysiologisch ähnlichen Stämmen, daß die Keimungsgeschwindigkeit unmöglich der allein ausschlaggebende Faktor für das Infektionsvermögen sein kann. Trotzdem will es uns scheinen, daß auch bei Weizen 211/29 gewisse Beziehungen zwischen Keimverhalten der Sporen und Aggressivität zu beobachten sind; nur sind die Beziehungen anderer Art als bei dem zuerst besprochenen Weizen 85/30. Wir müssen nämlich noch berücksichtigen, daß der *Durum*-Weizen 211/29 ein anderes Keim- und Triebkraftverhalten hat als *vulgare* 85/30, und daß schon aus diesem Grunde Übereinstimmung zwischen beiden Weizen und ihrem Verhalten zu den geprüften Brandstämmen nicht zu erwarten ist. Vollnachgereifte Körner des *vulgare*-

Weizens keimen auf Filtrierpapier bei Zimmertemperatur mit einer durchschnittlichen Keimgeschwindigkeit von 2,5 bis 2,7 Tagen, ebenfalls voll nachgereifte Körner des *Durum* 211/29 dagegen mit einer solchen von 3,8 bis 4 Tagen, also wesentlich langsamer. Entsprechende Unterschiede liegen in Triebkraftversuchen vor. Wenn wir also bei Weizen *durum* 211/29 beobachten, daß langsamer keimende Sporenformen vielfach höhere Aggressivität besitzen als Schnellkeimer, so kann dies mit dem an den langsameren Keimverlauf dieses Weizens besser angepaßten Keimverhalten der betreffenden Sporenformen in Zusammenhang stehen, während sich andererseits bei dem Weizen 85/30 schneller Keimungsablauf der Sporen in einer Verbesserung der Infektionsverhältnisse bemerkbar machen dürfte.

Wir fassen zusammen: es spricht vieles dafür, daß die Anfälligkeit bzw. Resistenz von Weizensorten gegen einzelne Brandlinien kein einfacher Vorgang ist, sondern daß hier mehrere Vorgänge und Ursachen in wechselseitigem Zusammenspiel stehen. Es muß Eigentümlichkeiten der Brandpilze geben, die unabhängig von der Entwicklungsgeschwindigkeit der Organismen das Verhalten von Parasit und Wirt bestimmen. Andererseits aber scheinen auch experimentell eindeutig feststellbare Unterschiede der Keimgeschwindigkeit von Wirt und Parasit den Brandbefall und die Anfälligkeit mitbestimmen zu können. Mehr läßt sich im Augenblick kaum sagen; aber es leuchtet ein, daß die Deutung der Resistenz- und Anfälligkeitserscheinungen gerade in der Steinbrandfrage eine weitere Komplikation erfährt, wenn wir mehrere Faktoren in Betracht ziehen müssen. Dabei erscheint es sogar wahrscheinlich, daß die Zahl dieser Faktoren mit den beiden oben angeführten Möglichkeiten noch durchaus nicht erschöpft ist.

Tabelle 13.

**Keimgeschwindigkeit und Infektionsvermögen der *foetens*-Sporen
von 8 verschiedenen Brandähren der Herkunft Van 1935.**

Prüfung auf *vulgare*-Weizen 218/19.

Aussaat Frühjahr 1936.

Brandähre Nummer	„voller Keimbeginn“ Tage	Gesunde : kranke Ähren	Brandbefall %	Relative Brandwerte
356	2,5	690 : 236	25,4	130
403	3	591 : 294	33,2	180
385	3	675 : 10	1,5	10
409	3	764 : 9	1,2	10
396	3	526 : 170	24,4	130
405	3,5	624 : 148	19,2	100
364	6	765 : 51	6,2	30
353	6	500 : 338	40,4	210

Im Anschluß an die vorstehenden Ausführungen ist in der Tabelle 13 noch eine weitere Versuchsreihe wiedergegeben, in welcher ebenfalls Keimverhalten und Infektionsvermögen gegenübergestellt sind. Die Versuche sind 1936 mit *Vulgare*-Weizen Nr. 218/19, also mit einer anderen Weizensorte durchgeführt, und konnten deshalb nicht in die obige Haupttabelle 11 mit einbezogen werden.

Zur Prüfung sind 8 Weizenähren (*Tilletia foetens*) der Herkunft Van herangezogen; das Keimverhalten der Sporen dieser Brandähren ist bereits früher (Tabelle 4, S. 495) beschrieben. Die Unterschiede in der Aggressivität der einzelnen „Stämme“ sind sehr stark und stehen in keinen Beziehungen zur Keimgeschwindigkeit. Hierbei muß allerdings berücksichtigt werden, daß im vorliegenden Fall nur Stämme mit hoher oder mittlerer Keimgeschwindigkeit geprüft sind, während die aus den weiter oben wiedergegebenen Versuchen (Tabelle 12) gezogenen Schlüsse gerade auf dem Vergleich schnellkeimender und ganz langsam keimender Brandlinien beruhen.

VI. Zusammenfassung.

1. Sporen aus verschiedenen Brandkörnern derselben Weizenähre zeigen im allgemeinen das gleiche Keimverhalten. Andererseits werden starke Unterschiede der Keimgeschwindigkeit beobachtet, wenn wir Sporen, die von verschiedenen Brandähren aus derselben Brandherkunft gewonnen sind, in Vergleich setzen. Diese Unterschiede sind so deutlich und gesetzmäßig, daß es im allgemeinen berechtigt scheint, die Sporen einer Brandähre als einen „Brandstamm“ aufzufassen. Die bei der Keimung vorliegenden zeitlichen und sonstigen Unterschiede des Keimungsablaufes gestatten die Einordnung der jeweils einer Ähre entsprechenden „Brandstämme“ in einer nach steigender oder fallender Keimgeschwindigkeit aufgestellten Reihe.
2. Daß das Keimverhalten der Sporen der einzelnen Brandähren nicht auf Zufälligkeiten beruht, sondern ein charakteristisches Merkmal des in der betr. Brandähre vertretenen Brandstammes darstellt, ergibt die keimungsphysiologische Prüfung der Nachkommenschaften. Diese in F 1 und F 2 vorgenommene Prüfung zeigte in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle ein weitgehend übereinstimmendes Keimverhalten der Sporen von Ausgangsbrandähre (= Elternbrandstamm) und Nachkommenschaften.

Nur in ganz vereinzelt Fällen ergaben sich bei der Untersuchung der Nachkommenschaften Schwankungen und Unregelmäßigkeiten des Keimverhaltens. Solche Beobachtungen deuten auf Mischinfektionen, also auf das Vorliegen von mehr als einem Brandstamm in der Ausgangsbrandähre, hin.

3. Außer der Keimgeschwindigkeit lassen sich auch andere Merkmale der Sporen und des Sporenpulvers, sowie Eigentümlichkeiten des auskeimenden Mycel als charakteristisch für einzelne Brandähren und deren Nachkommenschaften feststellen.
4. In Übereinstimmung mit den keimungsphysiologischen Untersuchungen der Brandsporen führten auch die mit einzelnen Brandähren und deren Nachkommenschaften durchgeführten Feldinfektionsversuche zu dem Ergebnis, daß wir Brandähren weitgehend als Brandstämme auffassen dürfen. Das Infektionsvermögen der von den einzelnen Brandähren einer Brandpopulation gewonnenen Sporen zeigt sehr starke und weit außerhalb der Fehlergrenzen liegende Verschiedenheiten. Auch erwies sich die Aggressivität der aus den einzelnen Brandähren gewonnenen Sporen auf 2 zu den Prüfungen benutzten Weizensorten (*vulgare* 85/30 und *durum* 211/29) deutlich verschieden und zum Teil gegensätzlich. Die in den Ähren vorliegenden Brandstämme stellen also „physiologische Rassen“ dar, wobei natürlich die Möglichkeit offen bleiben muß, daß vereinzelt auch mehr als eine Rasse in einer Brandähre vorhanden sein kann.
5. Um einen Einblick in die Zusammensetzung einer natürlichen Brandpopulation zu gewinnen, scheint es unter gewissen Voraussetzungen und Vorsichtsmaßnahmen zu genügen, von Brandähren als Brandstämmen auszugehen und die Sporen dieser Ähren getrennt auf ihr Infektionsvermögen gegenüber bestimmten Weizenformen zu prüfen.
6. Zwischen Keimgeschwindigkeit und Infektionsvermögen der Sporen verschiedener Brandstämme liegen keine eindeutigen Beziehungen vor, da Brandstämme gleichen keimungsphysiologischen Verhaltens vielfach starke Unterschiede der Aggressivität zeigen. Trotzdem scheinen die Keimungseigenschaften der Sporen nicht ohne jede Bedeutung für den Infektionserfolg zu sein. Auf dem von uns geprüften *vulgare*-Weizen 85/30 finden wir meist höhere Brandwerte bei Brandstämmen mit schnell keimenden Sporen, auf dem *durum*-Weizen 211/29 aber gerade bei langsamer keimenden Rassen; dieser Unterschied scheint damit in Zusammenhang zu stehen, daß der letztgenannte Weizen wesentlich langsamer keimt als der *vulgare* 85/30.

VII. Schriftenverzeichnis.

- 1 Appel, O. und Gaßner, G. Untersuchungen über den Brand, insbesondere den Flugbrand des Getreides. Mitteilungen aus der Biologischen Reichsanstalt, 4, 1907, S. 9—12.
- 2 Bonne, C. Untersuchungen über den Steinbrand des Weizens. Angewandte Botanik, 13, 1931, S. 169—209.
- 3 Gaines, E. F. New physiologic forms of *Tilletia laevis* and *Tilletia tritici*. Phytopathology, 18, 1928, S. 579—588.
- 4 Gaßner, G. Über Auftreten und Verbreitung von *Tilletia tritici* und *Tilletia foetens* in der Türkei. Phytopathologische Zeitschrift, 11, 4, S. 469.
- 5 Gaßner, G. und Rabien, H. Untersuchungen über die Bedeutung von Beiztemperatur und Beizdauer für die Wirkung verschiedener Beizmittel. Arbeiten der Biologischen Reichsanstalt, 14, 1925, S. 367—410.
- 6 Hahne, J. Untersuchungen über die Keimungsbedingungen von *Tilletia*-Sporen. Kühn-Archiv, 9, 1925, S. 157—263.
- 7 Holton, C. S. Studies on seven differentiating characteristics of *Tilletia tritici*. Phytopathology, 25, 1935, S. 1091—1098.
8. v. Kirchner, O. Neue Beobachtungen über die Empfänglichkeit verschiedener Weizensorten für die Steinbrandkrankheit. Fühlings Landwirtschaftliche Zeitung, 57, S. 161—170.
- 9 Kondo, M. Über die Einwirkung des Kalkes auf die Erhaltung der Keimkraft von Sämereien. Berichte des Ohara-Institutes, 3, 1926, S. 135—146.
- 10 Kondo, M. Über die Erhaltung der Keimkraft von Sämereien und über Trocknungsmittel. Berichte des Ohara-Institutes, 3, 1926, S. 147—151.
- 11 Kondo, M. und Kasahara, Y. Versuche bezüglich der Aufbewahrung der Sporen von Shiitake, Cortinellus Shiitake Schroet. Berichte des Ohara-Institutes, 6, 1933, S. 27—40.
- 12 Rabien, H. Über Keimungs- und Infektionsbedingungen von *Tilletia tritici*. Arbeiten der Biologischen Reichsanstalt, 15, 1927, S. 297—353.
- 13 Roemer, Th. Gibt es biologische Typen von Steinbrand (*Tilletia tritici*) des Weizens? Kühn-Archiv, 19, 1928, S. 1—10.
- 14 Roemer, Th. und Bartholly, R. Die Aggressivität verschiedener „Steinbrandherkünfte“ (*Tilletia tritici* (Bjerk) Wint.) und ihre Veränderung durch die Wirtssorte. Phytopathologische Zeitschrift, 6, 1933, S. 469—506.
- 15 Stakman, E. C., Levine, M. N., Christensen, J. J. und Isenbeck, K. Die Bestimmung physiologischer Rassen pflanzenpathogener Pilze. Nova acta Leopoldina, N. F., 3, 1935, S. 281—336.
- 16 Straib, W. Untersuchungen über die Ursache verschiedener Sortenanfälligkeit des Weizens gegen Steinbrand. Pflanzenbau, 4, 1927/28.
- 17 v. Tubeuf, C. Studien über die Brandkrankheiten des Getreides und ihre Bekämpfung. Arbeiten der Biologischen Reichsanstalt, 2, 1901, S. 179—349.
- 18 Zade. Ein neues Verfahren zur Bekämpfung des Weizensteinbrandes. Deutsche Landwirtschaftliche Presse, 47, 1920, S. 204 und 210.

Untersuchungen über den Stickstoffhaushalt rostinfizierter Getreideblätter.

Ein Beitrag zum Problem der Teleutosporenbildung.

Von

Gustav Gaßner und Walter Franke.

Mit 12 Abbildungen.

Inhalt: 1. Ausgangspunkt der Untersuchungen und Fragestellung. — 2. Methodisches, Darstellung der Versuchsergebnisse und Grenzen der Untersuchungsmöglichkeit. — 3. Der Stickstoffhaushalt gesunder Weizenblätter. — 4. Der Einfluß von *Puccinia triticina* auf den Stickstoffhaushalt infizierter Weizenblätter: a) Der Einfluß von Infektionstypus IV (Versuchsreihe 1 und 2); b) Der Einfluß von Infektionstypus 0 (Versuchsreihe 3 und 4). — 5. Der Einfluß von *Puccinia glumarum* auf den Stickstoffhaushalt infizierter Weizenblätter: a) Der Einfluß der Infektionstypen 0 und IV (Versuchsreihe 5); b) Der Einfluß der Infektionstypen i und III—IV (Versuchsreihe 6); c) Der Einfluß der Infektionstypen II und IV (Versuchsreihe 7). — 6. Der Stickstoffhaushalt rostinfizierter Weizenblätter bei gleichzeitiger Variierung der N-Ernährung: a) Versuche mit *Puccinia triticina* (Versuchsreihe 8); b) Versuche mit *Puccinia glumarum* (Versuchsreihe 9). — 7. Besprechung der Ergebnisse und das Problem der Teleutosporenbildung. — 8. Hauptergebnisse. — 9. Schriftenverzeichnis.

1. Ausgangspunkt der Untersuchungen und Fragestellung.

In die ursächlichen Beziehungen zwischen Pflanzenernährung und Rostanfälligkeit haben neuere Untersuchungen über die Beeinflussung der Stoffwechselvorgänge durch die Düngung einen gewissen Einblick gegeben (Gaßner und Hassebrauk, 9, Gaßner und Franke, 5). Diese Untersuchungen sind so durchgeführt, daß die Verschiebungen des Rostbildes infizierter Pflanzen mit den Änderungen des Stickstoffhaushaltes gesunder Blätter entsprechend angezogener Pflanzen in Vergleich gesetzt wurden.

Dagegen wissen wir bis heute nur sehr wenig über den Stickstoffhaushalt rostinfizierter Blätter, obwohl gerade auch hier eine nähere Kenntnis dringend wünschenswert ist. Es muß als selbstverständlich angesehen werden, daß die Ertragsherabsetzungen rostiger Pflanzen auch von Änderungen des Stickstoffhaushaltes der betroffenen Pflanzenteile begleitet werden. Vor allem aber erscheint ein näherer Einblick in die Stoffwechselvorgänge rostiger Blätter für ein tieferes Verständnis der mit der Teleutosporenbildung der Rostpilze in Zusammenhang stehenden Probleme erforderlich.

Unsere heutigen Kenntnisse über die Ursachen der Teleutosporenbildung, insbesondere der Getreideroste, also über den Übergang von der Uredo- zur Teleutobildung basieren hauptsächlich auf älteren Untersuchungen des ersten Verfassers (Gaßner, 4) und gleichzeitig durchgeführten Arbeiten von Morgenthaller (16). Bereits 1889 hatte P. Magnus (13) die Vermutung ausgesprochen, daß weniger eine Beeinflussung der Rostpilze durch das Klima oder durch Alter und Zahl der Uredogenerationen oder schließlich durch Eintreten oder Nichteintreten des Wirtswechsels für die Auslösung der Teleutosporenbildung maßgebend ist, sondern daß in erster Linie das Eintreten einer gewissen „Erschöpfung“ der Nährpflanze das Aufhören der Uredobildung und den Beginn der Teleutobildung bestimmt. Für die Getreideroste konnte dann (Gaßner, 4) auf breiter Basis der Nachweis erbracht werden, daß die Bildung der Teleutosporen aufs engste mit Stoffwechselvorgängen der Blätter in Zusammenhang stehen muß. Es zeigte sich, daß die Teleutobildung im allgemeinen in ganz gesetzmäßiger Weise dann einsetzt, wenn die Getreidepflanzen zur Blüte schreiten und wenn die unteren Blätter solcher Pflanzen vergilben. In derselben Reihenfolge, in welcher das Vergilben der Blätter stattfindet, also von den unteren nach den oberen Blättern fortschreitend, vollzieht sich dann im Laufe der folgenden Wochen die weitere Teleutobildung. Aus dem weitgehenden Parallelismus zwischen Funktionsloswerden bzw. Entleerung der Blätter auf der einen und dem Eintreten der Teleutobildung auf der anderen Seite wurde dann in Anlehnung an P. Magnus (13) der Schluß gezogen, daß es sich bei der Teleutobildung um eine Reaktion des Rostpilzes auf eintretenden Nährstoffmangel handelt.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß die Teleutobildung irgendwie mit Stoffwechselvorgängen der alternden Blätter in Zusammenhang steht; auch mußte es nahe liegen, den Abtransport der Nährstoffe für die Umstellung der Fruktifikationsverhältnisse des Pilzes verantwortlich zu machen. Trotzdem haftet den bisherigen Erklärungsversuchen ein offensichtlicher Mangel an: alle in der Literatur anzutreffenden Feststellungen über den Abtransport der Nährstoffe beziehen sich auf gesunde und normal absterbende Blätter; dagegen fehlt bisher der Nachweis, daß rostige Blätter im Laufe ihrer Entwicklung quantitativ und qualitativ die gleichen Stoffwechseländerungen aufweisen.

Bei näherer Betrachtung des Problems spricht nun ein weiterer sehr wichtiger, bisher aber ebenfalls nicht berücksichtigter Punkt gegen die bisher stillschweigend gemachte Annahme, daß der Stoffwechsel gesunder und rostiger Blätter Übereinstimmung aufweist. Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß dem Absterben gesunder Blätter ein weitgehender Abtransport aller für die Pflanze wichtigen Nährstoffe vorausgeht (Swart, 18). Andererseits kann es ebensowenig zweifelhaft sein, daß

die Teleutosporenbildung ganz wesentliche Nährstoffmengen verschluckt; die Sporen sind verhältnismäßig groß, sehr derbwandig und mit Nährstoffen vollgepfropft, die zur späteren Basidiosporenentwicklung benötigt werden. Wenn die Teleutosporenbildung eine Reaktion auf Nährstoffmangel darstellt, so ist nicht recht einzusehen, daß sie gerade dann einsetzen soll, wenn in den weitgehend entleerten Blättern keine oder nur noch geringe Nährstoffmengen zur Verfügung stehen.

Solche Überlegungen waren es vor allem, die uns in den Jahren 1933 und 1934 veranlaßten, den Stickstoffhaushalt gesunder und rostiger Blätter in den verschiedenen Entwicklungsstadien durch vergleichende Untersuchungen zu prüfen. Da allgemein gültige Schlüsse nur auf Grund einer breiten Versuchsbasis gezogen werden können, wurden die Versuche in möglichst umfassender Weise durchgeführt. Es kamen nicht nur verschiedene Weizensorten, sondern auch 2 verschiedene Rostarten und diese wieder in verschiedenen Rostrassen zur Prüfung, damit auch die Wirkung verschiedener Infektionstypen festgelegt werden konnte. Außerdem wurde auch die Mineralsalzernährung variiert. Bei der folgenden Darstellung haben wir allerdings auf die Wiedergabe der mit steigenden Kaliumgaben durchgeführten Versuchsreihen verzichten müssen, weil die Klarheit der Ausführungen dadurch gelitten hätte; auch hätte die Betrachtung des bei verschiedenen K-Gaben in geimpften und ungeimpften Blättern vorliegenden N-Haushaltes für das hier behandelte Problem nichts grundsätzlich Neues ergeben. Dagegen kamen noch 2 größere Versuchsreihen mit steigenden N-Gaben zur Wiedergabe. Sie sind im vorletzten Abschnitt dieser Arbeit besprochen und sollen uns über die Bedeutung der N-Ernährung für den Stickstoffhaushalt rostiger Blätter unterrichten.

2. Methodisches, Darstellung der Versuchsergebnisse und Grenzen der Untersuchungsmöglichkeit.

Die Anzucht der Versuchspflanzen erfolgte ausnahmslos in Hohenbockaer Sand mit Nährlösung (vergl. Gaßner und Franke 5). Die K-, P- und N-Gaben sind als mg je Pflanze berechnet und später bei den einzelnen Versuchsreihen wiedergegeben. 10—12 Tage nach der Aussaat wurde bei der Hälfte der Versuchspflanzen das erste Blatt in üblicher Weise mittels Wattepinsels mit Uredosporen geimpft. Anschließend kamen die Gefäße mit den Versuchspflanzen für 2 Tage unter Glocken, die auf feuchtem Torfmull standen. Von da an blieben sie unter möglichst günstigen Lichtverhältnissen frei im Gewächshaus, bis die zu den Analysen bestimmten Blattproben entnommen wurden.

Ungeimpfte und geimpfte Pflanzen müssen natürlich unter völlig gleichen Anzuchtbedingungen, also vor allem in gleichem Nährboden sowie bei gleichen Licht- und Temperaturverhältnissen gehalten werden. Da die geimpften Pflanzen zur Erzielung eines sicheren Infektionserfolges

zunächst 2 Tage unter Glocken stehen müssen, wurden auch die ungeimpften Pflanzen für die gleiche Dauer unter Glocken gestellt; denn der Aufenthalt unter Glocken bedeutet auf dem Umweg einer Änderung der Kohlenstoffernährung auch eine Beeinflussung des N-Haushaltes (Gaßner und Franke 6). Mit der gleichen Sorgfalt wurden auch alle anderen Versuchsbedingungen zwischen geimpften und ungeimpften Pflanzen gleichgehalten.

An den Analysentagen wurden zunächst die gesunden Blätter und unmittelbar anschließend die Blätter der infizierten Pflanzen entnommen. Soweit auf den letzteren Rostpusteln entwickelt waren, wurden die Sporen sorgfältig durch Abreiben mit einem Leinenläppchen entfernt, um Störungen der Ergebnisse durch anhaftende Sporenmassen zu vermeiden. Bestimmt wurde also der N-Gehalt der Blätter zuzüglich demjenigen des in den Blättern vorhandenen Pilzmycels.

Von den entnommenen Blättern wurde ein Teil für die Bestimmung von Trockengewicht bzw. Wassergehalt, der größere Teil für die N-Analysen verwendet. Die Stickstoffbestimmungen erfolgten wieder nach der Mikrokjeldahl-Methode (Gaßner und Franke 5); bestimmt wurden Eiweiß-N (= 1) und Löslicher N (= 2), woraus sich durch Addition der Gesamt-N (= 1 + 2) ergab. In verschiedenen Versuchsreihen wurde außerdem nochmals in besonderen Analysen der Gesamt-N festgestellt. Diese Bestimmungen, die innerhalb der bereits früher erwähnten Verschiebungen (Gaßner und Franke 5, S. 192) dem errechneten Gesamt-N parallel gehen, sind im folgenden nicht wiedergegeben, weil sie nichts Neues bieten und die Übersichtlichkeit der Darstellung beeinträchtigt hätten.

Geprüft wurden die folgenden Weizensorten, die mit verschiedenen Rostarten und -rassen geimpft wurden und dementsprechend verschiedene Infektionstypen zeigten:

Versuchsreihe 1 und 2:	Strubes Dickkopf Winterweizen + <i>Puccinia triticina</i>	Rasse 14 = Typus IV.
Versuchsreihe 3 und 4:	Malakoff Weizen + <i>Puccinia triticina</i>	Rasse 14 = Typus 0.
Versuchsreihe 5:	Heines Kolben Sommerweizen + <i>Puccinia glumarum</i>	Rasse 7 = Typus 0.
	Heines Kolben Sommerweizen + <i>Puccinia glumarum</i>	Rasse 9 = Typus IV.
Versuchsreihe 6:	Strubes Dickkopf Winterweizen + <i>Puccinia glumarum</i>	Rasse 18 = Typus i.
	Strubes Dickkopf Winterweizen + <i>Puccinia glumarum</i>	Rasse 6 = Typus III-IV.
Versuchsreihe 7:	Holzapfels Frühweizen + <i>Puccinia glumarum</i>	Rasse 5 = Typus II.
	Holzapfels Frühweizen + <i>Puccinia glumarum</i>	Rasse 1 = Typus IV.

- Versuchsreihe 8: Strubes Roter Schlanstedter Sommerweizen + *Puccinia triticina*
Rasse 14 = Typus IV.
- Versuchsreihe 9: Heines Kolben Sommerweizen + *Puccinia glumarum*
Rasse 5 = Typus 0.
Heines Kolben Sommerweizen + *Puccinia glumarum*
Rasse 19 = Typus III.

In den Versuchen 8 und 9 wurde außerdem gleichzeitig der N-Gehalt des Nährbodens variiert.

Die Darstellung der Versuchsergebnisse erfolgte in kürzeren Versuchsreihen mit nur wenigen aufeinanderfolgenden Analysen in tabellarischer, in Versuchsreihen mit zahlreicheren Analysen möglichst in graphischer Form. Mitgeteilt sind jedes Mal: N-Gehalt (Eiweiß-N, lösl. N und Gesamt-N) bezogen auf Frischgewicht (als $\frac{0}{100}$ N), N-Gehalt bezogen auf Blatteinheit (mg N in je 10 Blättern), relative Eiweißwerte (Eiweiß-N : lösl. N) und Wassergehalt (in % des Frischgewichts). Das Alter der untersuchten Blätter ist stets doppelt wiedergegeben: einmal gerechnet von der Aussaat (= freie Zahlen) und sodann gerechnet vom Tage der Impfung (= eingeklammerte Zahlen).

Wie aus dem vorstehenden hervorgeht, haben wir als Bezugsgröße das Frischgewicht und die Blatteinheit gewählt. Das Frischgewicht muß für die hier behandelten Fragen deshalb an erster Stelle in Frage kommen, weil der auf Frischgewicht bezogene N-Gehalt am besten die N-Mengen umschreibt, die dem Pilz für die Volumeneinheit des von ihm besetzten Areals zur Verfügung stehen. Es darf jedoch nicht verkannt werden, daß die ausschließliche Benutzung des Frischgewichtes als Bezugsgröße für die allgemeine Beurteilung des N-Haushaltes unter Umständen zu irrigen Vorstellungen führen kann. Wenn z. B. der Wassergehalt vergilbender Blätter sinkt, bedeutet dies eine Erhöhung der auf Frischgewicht bezogenen Werte; um einer abwegigen Deutung der Zahlen im Sinne einer Steigerung des absoluten N-Gehaltes vorzubeugen, haben wir daher zunächst stets auch den Wassergehalt der untersuchten Blätter ebenfalls mitgeteilt; denn er gibt einen wichtigen Hinweis auf die Ursachen etwaiger Änderungen der auf Frischgewicht bezogenen N-Werte ab. Außerdem aber und in erster Linie haben wir stets auch den auf die Blatteinheit (10 Blätter = Blatteinheit) berechneten N-Gehalt (mg N) mit angegeben. Die Benutzung der Blatteinheit als Bezugsgröße gestattet ohne weiteres einen klaren Einblick in die absoluten Veränderungen des N-Gehaltes im Blatt und macht die Beurteilung des N-Haushaltes von etwaigen Schwankungen des Wassergehaltes und anderen, sonst leicht störenden Faktoren wie Gehalt an N-freien Substanzen unabhängig.

Auf die Benutzung des Trockengewichtes als Bezugsgröße haben wir verzichtet; soweit Wassergehalt der Blätter und das Verhältnis von N-freien zu N-haltigen Substanzen keine wesentlichen Änderungen zeigen,

Tabell
 Stickstoffgehalt
 Zusammenstell

Nr.	Sorte	Versuchsbeginn	Düngung K : P : N (mg je Pfl.)	Bezugsgröße	Eiweiß-N nach Ta				
					10—12	14—16	17—19	20—22	26—27
1	Strubes Dickkopf . .	13. April 1933	7,6 : 0,4 : 0,6	Frischgewicht (N als $\frac{0}{100}$ N des Frischgewichts)	—	3,88	—	2,72	—
2	Strubes Dickkopf . .	22 Mai 1933	7,6 : 0,4 : 0,6		—	3,18	—	2,28	—
3	Malakoff	29. Mai 1933	7,6 : 0,4 : 0,6		—	3,61	—	2,44	—
4	Malakoff	1. Juni 1933	7,6 : 0,4 : 0,6		—	3,66	2,80	—	—
5	Heines Kolben . . .	29. März 1934	11,7 : 2,1 : 4,2		3,82	—	—	3,07	—
6	Strubes Dickkopf . .	13. November 1933	5,4 : 0,78 : 3,1		2,34	2,64	—	3,10	3,08
7	Holzapfels Frühweizen	29. Dezember 1933	5,4 : 0,78 : 3,1		3,43	—	—	2,71	2,12
8	Strubes Roter Schlan- stedter	1. September 1933	7,6 : 1,1 : 0,85		4,53	3,87	3,45	2,78	2,12
			7,6 : 1,1 : 8,5		5,42	4,80	4,28	3,71	2,73
9	Heines Kolben . . .	31. Januar 1934	7,8 : 2,1 : 0		4,65	—	—	2,77	—
			7,8 : 2,1 : 4,2		4,38	—	—	3,83	—
			7,8 : 2,1 : 21,0		4,35	—	—	3,93	—
1	Strubes Dickkopf . .	13. April 1933	7,6 : 0,4 : 0,6	Blatteinheit (N als mg N für 10 Blätter)	—	3,98	—	2,42	—
2	Strubes Dickkopf . .	22. Mai 1933	7,6 : 0,4 : 0,6		—	2,58	—	1,97	—
3	Malakoff	29. Mai 1933	7,6 : 0,4 : 0,6		—	2,67	—	1,77	—
4	Malakoff	1. Juni 1933	7,6 : 0,4 : 0,6		—	2,39	2,03	—	—
5	Heines Kolben . . .	29. März 1934	11,7 : 2,1 : 4,2		5,90	—	—	4,10	—
6	Strubes Dickkopf . .	13. November 1933	5,4 : 0,78 : 3,1		2,40	3,05	—	3,14	2,80
7	Holzapfels Frühweizen	29. Dezember 1933	5,4 : 0,78 : 3,1		3,66	—	—	3,60	2,44
8	Strubes Roter Schlan- stedter	1. September 1933	7,6 : 1,1 : 0,85		3,86	3,50	3,06	1,67	1,45
			7,6 : 1,1 : 8,5		4,69	4,66	4,50	2,76	2,16
9	Heines Kolben . . .	31. Januar 1934	7,8 : 2,1 : 0		3,08	—	—	2,39	—
			7,8 : 2,1 : 4,2		4,23	—	—	4,48	—
			7,8 : 2,1 : 21,0		4,97	—	—	5,22	—

zenblättern (ungeimpft).

Versuche.

		Löslicher N (2) nach Tagen										Gesamt N (1+2) nach Tagen									
36	41—47	10—12	14—16	17—19	20—22	26—27	29—30	31—32	36	41—47	10—12	14—16	17—19	20—22	26—27	29—30	31—32	36	41—47		
—	—	—	0,51	—	0,42	—	—	0,55	—	—	—	4,39	—	3,14	—	—	1,23	—	—		
—	—	—	0,47	—	0,43	—	—	0,50	—	—	—	3,65	—	2,71	—	—	1,15	—	—		
—	—	—	0,64	—	0,62	—	—	0,79	—	—	—	4,25	—	3,06	—	—	2,11	—	—		
—	—	—	0,89	0,48	—	—	0,84	—	—	—	—	4,55	3,28	—	—	2,28	—	—	—		
—	0,89	0,88	—	—	0,91	—	—	0,44	—	0,65	4,70	—	—	3,98	—	—	2,51	—	1,54		
1,78	1,52	1,24	1,23	—	1,22	1,28	—	1,07	1,21	1,15	0,99	3,58	3,87	—	4,32	4,36	—	3,30	2,99		
—	0,64	0,73	—	—	0,47	0,31	—	0,30	—	0,32	4,16	—	—	3,18	2,43	—	2,02	—	0,96		
—	0,53	0,75	0,63	0,62	0,67	0,72	0,50	—	0,44	—	0,69	5,28	4,50	4,07	3,93	3,50	2,62	—	1,90		
—	1,30	1,31	1,37	1,19	0,88	0,70	—	0,60	—	1,13	6,73	6,17	5,47	5,23	4,59	3,43	—	2,60	—		
—	1,13	0,52	—	—	0,42	—	0,50	—	—	0,43	5,17	—	—	3,19	—	2,85	—	—	1,56		
—	2,03	0,88	—	—	0,91	—	1,00	—	—	0,98	5,26	—	—	4,74	—	4,24	—	—	3,01		
—	2,45	0,85	—	—	1,02	—	1,01	—	—	0,90	5,20	—	—	4,95	—	4,33	—	—	3,35		
—	—	—	0,52	—	0,37	—	—	0,35	—	—	—	4,52	—	2,79	—	—	0,79	—	—		
—	—	—	0,38	—	0,37	—	—	0,27	—	—	—	2,96	—	2,34	—	—	0,62	—	—		
—	—	—	0,47	—	0,45	—	—	0,46	—	—	—	3,14	—	2,22	—	—	1,23	—	—		
—	—	—	0,58	0,35	—	—	0,54	—	—	—	—	2,97	2,38	—	—	1,47	—	—	—		
—	0,78	1,36	—	—	1,22	—	—	0,70	—	0,57	7,26	—	—	5,32	—	—	3,98	—	1,35		
75	1,55	1,27	1,42	—	1,24	1,16	—	1,02	1,19	1,17	0,93	3,67	4,47	—	4,38	3,96	—	3,15	2,94		
—	0,80	0,78	—	—	0,62	0,36	—	0,35	—	0,40	4,44	—	—	4,22	2,80	—	2,36	—	1,20		
—	0,22	0,64	0,57	0,55	0,43	0,34	—	0,28	—	0,29	4,50	4,07	3,61	2,67	2,10	1,79	—	1,25	—		
—	0,80	1,13	1,33	1,25	0,66	0,55	—	0,39	—	0,70	5,82	5,99	5,75	4,60	3,42	2,71	—	1,69	—		
—	1,02	0,35	—	—	0,36	—	0,41	—	—	0,39	3,43	—	—	2,75	—	2,37	—	—	1,41		
—	2,22	0,85	—	—	1,06	—	1,27	—	—	1,07	5,08	—	—	5,54	—	5,39	—	—	3,29		
—	3,38	0,97	—	—	1,36	—	1,34	—	—	1,24	5,94	—	—	6,58	—	5,75	—	—	4,62		

bietet die Berechnung auf Trockengewicht zum mindesten keine Vorteile. Bei stärkeren Verschiebungen im Stoffwechsel der Blätter kann die Benutzung des Trockengewichtes sogar zu stark abwegigen Folgerungen führen, da das Trockengewicht zum überwiegenden Teil von Faktoren abhängt, die mit dem N-Haushalt in keinem unmittelbaren Zusammenhang stehen. — Wohl dagegen hat es sich als zweckmäßig erwiesen, auch die relativen Eiweißwerte (Eiweiß-N: löslichem N) mit wiederzugeben, weil sie für die Beurteilung des N-Haushaltes von Bedeutung sein können. Die relativen Eiweißwerte sind naturgemäß von der Bezugsgröße unabhängig.

Den vorstehenden Ausführungen über Darstellung und Auswertung der Versuchsergebnisse müssen wir noch einige Worte über die Beurteilung der N-Werte rostiger Getreideblätter anfügen. In solchen Blättern messen wir ja sowohl den Stickstoff der Nährpflanze wie aber auch den Stickstoff des in ihr enthaltenen Pilzes. Da es sich um 2 unbekannte Größen handelt, die durch Auflösung einer einfachen Gleichung nicht bestimmt werden können, mußte es sich darum handeln, durch Heranziehung anderer Feststellungen zu einer richtigen Deutung der Befunde zu kommen. Gewisse Hinweise gibt schon der Vergleich mit dem N-Haushalt gesunder Pflanzen, vor allem wenn wir neben den Frischgewichtswerten und den Werten für die Blatteinheit auch die relativen Eiweißwerte zum Vergleich heranziehen. Weiter können wir davon ausgehen, daß der Pilz im allgemeinen nur einen Teil des untersuchten Blattareales besetzt hält; da wir aber die pilzinfierten Flächen zusammen mit den gesundgebliebenen untersuchen, müssen die durch den Pilz bedingten Änderungen des N-Haushaltes quantitativ stärker angenommen werden, als die gefundenen Werte anzeigen.

Leider ist es nicht möglich, Rostmycel getrennt von der Nährpflanze zu untersuchen. Nur durch Prüfung der Sporen haben wir eine schwache Möglichkeit, in den N-Haushalt des Pilzes einen gewissen Einblick zu gewinnen. Wir sind auch diesen Weg gegangen und wollen darüber kurz berichten; es ist aber selbstverständlich, daß wir die an reifen Sporen gewonnenen Ergebnisse nicht ohne weiteres auf das in den Blättern vorhandene vegetative Pilzmycel übertragen dürfen.

Es liegen 2 Sporenanalysen vor. Die erste wurde mit Uredosporen von *Puccinia glumarum* Rasse 9 von Heines Kolben S. Weizen durchgeführt. Größere Sporenmengen wurden durch Abklopfen auf Papier gesammelt, von äußerlich sichtbaren Beimengungen befreit, gewogen und in konzentrierter Schwefelsäure gelöst, wobei zunächst eine intensiv blaugrüne Färbung auftrat, die bald in eine in dünnen Schichten tiefrote Farbe überging. Der ungelöst verbleibende Rückstand (Sandspuren) wurde zurückgewogen. So standen fast 0,45 g Gelbrostsporen zur Verfügung. Diese enthielten, auf Frischgewicht bezogen, etwas mehr als $22 \frac{0}{00}$ N.

Die zweite Analyse wurde am 8. Juni 1934 mit Sporen von *Uredo triticina* Rasse 14, geerntet von Strubes Dickkopf W. Weizen durchgeführt. Diese enthielten, ebenfalls

wieder auf Frischgewicht bezogen, $26,75 \frac{0}{00}$ Eiweiß-N und $4,42 \frac{0}{00}$ löslichen N, insgesamt also $31,17 \frac{0}{00}$ N. Der relative Eiweißwert berechnet sich hieraus zu 6,05.

Eine Bestimmung des Trockengewichtes von Gelbrostsporen (*Puccinia glumarum*, Rasse 9) verdanken wir nachträglich der Freundlichkeit von Herrn Dr. Rabien; nach längerer Vortrocknung bei 45° und anschließender Trocknung bei 105° betrug das Trockengewicht zweier untersuchter Proben $70,4\%$ bzw. $70,0\%$.

3. Der Stickstoffhaushalt gesunder Weizenblätter.

In der Tabelle 1 (S. 522/23) geben wir zunächst eine Zusammenstellung aller in dieser Arbeit besprochenen Versuchsreihen, soweit sich die Werte auf gesunde Weizenblätter beziehen.

Zwischen den Werten der einzelnen Versuchsreihen liegen nicht unbedeutende Unterschiede vor. Das kann nicht anders sein, weil nicht nur verschiedene Weizensorten verwendet wurden, deren N-Bilanz auch bei konstanten Versuchsbedingungen verschieden ist (Gaßner und Franke 5, S. 210), sondern weil auch wichtige Versuchsfaktoren, wie Düngung, Temperatur, Licht und Zeitpunkt der Analysen, verschiedenartig sind. Trotz aller zwischen den einzelnen Versuchsreihen zu beobachtenden Unterschiede in der Höhe der N-Werte treten aber doch die allgemeinen Gesetzmäßigkeiten des N-Haushaltes junger und alternder Blätter ausreichend klar und eindeutig hervor; sie entsprechen unseren heutigen Kenntnissen über das Vorliegen synthetischer Prozesse in jungen und über den Abbau der gebildeten Eiweißstoffe in älteren Blättern (vergl. Mothes 14, 15).

Die auf Frischgewicht bezogenen N-Werte (N als $\frac{0}{00}$ des Frischgewichtes) sind in der oberen Hälfte von Tabelle 1 dargestellt. Sowohl im Gesamt-N wie im Eiweiß-N, deren Werte weitgehend parallel verlaufen, haben wir mit zunehmendem Alter eine starke Abnahme, so daß die bei der Schlußanalyse festgestellten Zahlen meist nur einen Bruchteil der Anfangswerte darstellen. Im Gegensatz hierzu zeigt der lösliche N nur vereinzelt eine deutliche Abnahme; meist liegen nur schwächere oder auch gar keine Schwankungen vor.

Die untere Hälfte von Tabelle 1 enthält die absoluten N-Werte der untersuchten Blätter (N als mg N für die Blatteinheit = 10 Blätter). Im großen und ganzen entsprechen die bei dieser Art der Berechnung erhaltenen Werte den soeben aus den Frischgewichtswerten gezogenen Schlüssen und Gesetzmäßigkeiten.

In der linken Hälfte von Tabelle 2 sind die relativen Eiweißwerte (Eiweiß-N : lösl. N.) zusammengestellt. Sie werden dadurch bestimmt, daß mit zunehmendem Blattalter der Eiweißgehalt abnimmt, während der lösliche Stickstoff unverändert bleibt oder doch zum mindesten

Tabelle 2.
Relative Eiweißwerte (Eiweiß-N : löslichem N) und Wassergehalt von Weizenblättern (ungeimpft).
 (Zusammenstellung aller Versuche.)

Nummer	Sorte	Versuchsbeginn	Düngung K : P : N (mg je Pflanze)	Relative Eiweißwerte nach Tagen							Wassergehalt (‰) nach Tagen										
				10—12	14—16	17—19	20—22	26—27	29—30	31—32	36	41—47	10—12	14—16	17—19	20—22	26—27	29—30	31—32	36	41—47
1	Strubus Dickkopf . .	13. April 1933	7,6 : 0,4 : 0,6	—	7,60	—	6,48	—	—	1,24	—	—	—	88,4	—	90,5	—	—	91,4	—	—
2	Strubus Dickkopf . .	22. Mai 1933	7,6 : 0,4 : 0,6	—	6,77	—	5,30	—	—	1,30	—	—	—	91,2	—	92,1	—	—	91,5	—	—
3	Malakoff	29. Mai 1933	7,6 : 0,4 : 0,6	—	5,64	—	3,94	—	—	1,67	—	—	—	92,7	—	90,4	—	—	90,5	—	—
4	Malakoff	1. Juni 1933	7,6 : 0,4 : 0,6	—	4,12	5,84	—	—	1,71	—	—	—	—	90,7	90,7	—	—	90,6	—	—	—
5	Heines Kolben . . .	29. März 1934	11,7 : 2,1 : 4,2	4,33	—	—	3,37	—	—	4,70	—	1,37	92,0	—	—	91,7	—	—	91,6	—	89,3 93,1
6	Strubus Dickkopf . .	13. November 1933	5,4 : 0,78 : 3,1	1,89	2,14	—	2,54	2,41	—	2,08	1,47	1,32 1,38	92,6	92,4	—	92,0	91,7	—	93,2	92,1	91,8
7	Holzapfels Frühweizen	29. Dezember 1933	5,4 : 0,78 : 3,1	4,70	—	—	5,77	6,84	—	5,73	—	2,00	92,3	—	—	92,8	93,0	—	93,4	—	93,8
8	Strubus Roter Schlanstedter	1. September 1933	7,6 : 1,1 : 0,85	6,04	6,13	5,57 4,87	3,87	4,24	—	3,32	—	0,77	91,5	91,1	92,5 91,0	92,5	92,2	—	92,4	—	89,9
			7,6 : 1,1 : 8,5	4,13	3,51	3,60 3,43	4,22	3,90	—	3,34	—	1,15	92,5	89,4	91,9	91,4	92,1	—	92,5	—	92,8
			7,8 : 2,1 : 0	8,82	—	—	6,64	—	4,78	—	—	2,62	89,3	—	—	90,6	—	90,5	—	—	89,9
9	Heines Kolben	31. Januar 1934	7,8 : 2,1 : 4,2	4,98	—	—	4,22	—	3,24	—	—	2,07	91,0	—	—	91,6	—	91,0	—	—	87,3
			7,8 : 2,1 : 21,0	5,12	—	—	3,85	—	3,29	—	—	2,72	91,8	—	—	91,8	—	91,6	—	—	91,4

keine stärkere Beeinflussung zeigt. Dementsprechend beobachten wir allgemein ein Absinken der relativen Eiweißwerte mit höherem Blattalter.

Die rechte Hälfte von Tabelle 2 enthält noch den Wassergehalt der Blätter zur Zeit der Stickstoffanalysen. Wesentliche oder gesetzmäßige Schwankungen liegen nicht vor; auch entspricht der Wassergehalt älterer Blätter immer noch annähernd den bei Versuchsbeginn gefundenen Werten. Diese Feststellung hat uns überrascht, weil ältere Blätter schon weitgehend vergilbt sind, wie ja auch das starke Absinken der N-Werte zeigt; denn hoher Chlorophyllgehalt ist an entsprechenden Eiweißgehalt der Zellen gebunden (Gaßner und Goeze, 7). Wir werden später sehen, daß bezüglich des Wassergehaltes ein grundsätzlicher Unterschied zwischen den im vorstehenden berücksichtigten gesunden und den später behandelten geimpften Blättern des gleichen Alters besteht.

4. Der Einfluß von *Puccinia triticina* auf den Stickstoffhaushalt infizierter Weizenblätter.

Alle Versuche mit Braunrost sind mit Rasse 14 von *Puccinia triticina* durchgeführt. Um den Einfluß unterschiedlicher Infektionstypen zu erfassen, kamen in den folgenden Versuchen 2 verschiedene Weizensorten zur Verwendung, von denen die eine (Strubes Dickkopf W. Weizen) auf Impfung mit Rasse 14 mit Typus IV, die andere (Malakoff) unter normalen Gewächshaustemperaturen (siehe Gaßner und Straib, 11) mit Infektionstyp 0 reagiert. Wir haben also bei dem erstgenannten Weizen vollen Pustelausbruch ohne nennenswerte Verfärbungen, bei dem zweiten chlorotisch-nekrotische Verfärbungen ohne Pustelbildung.

a. Der Einfluß von Infektionstypus IV (Versuchsreihen 1 und 2).

Versuchsreihe 1.

Die Aussaat war am 13. April 1933 in Hohenbockaer Sand + Nährlösung (s. Tabelle 3a), die Impfung am 24. April erfolgt. Der Verlauf der Infektion war normal: nach etwa 6 Tagen leichte Verfärbungen der Impfstellen, vom 9. Tage ab starker Pustelausbruch auf rein grünen Blattflächen.

Der Vergleich der geimpften Blätter mit den ungeimpften Kontrollblättern läßt nach 15 (4) Tagen noch keinen Einfluß der Infektion erkennen; nach 21 (10) Tagen beschränkt sich die Wirkung des Pilzes auf eine Steigerung des löslichen N. Nach 32 (21) Tagen liegen jedoch starke Verschiedenheiten vor; die auf Blatteinheit bezogenen N-Werte, also der absolute N-Gehalt ist bei den geimpften Blättern in beiden Fraktionen und im Gesamt-N wesentlich höher als bei den ungeimpften. Während der Eiweiß-N bei diesen auf 0,44 mg abfällt, haben wir bei den geimpften immer noch 1,98 mg; im löslichen N haben wir 0,35:0,77 mg, im Gesamt-N 0,79:2,75 mg.

Tabelle 3a.
Stickstoffhaushalt von Weizenblättern, ungeimpft und geimpft.
 (Versuchsreihe 1).

Weizensorte: Strubes Dickkopf.

Rost: *Puccinia triticina*, Rasse 14.

Infektionstypus: IV.

Nährboden: Hohenbockaer Sand mit K (als KCl) 7,6 mg, N (als $\text{Ca}[\text{NO}_3]_2$) 0,6 mg, P (als $\text{Ca}_3[\text{PO}_4]_2$) 0,4 mg je Pflanze.

Saat: 13. April 1933.

Impfung: 24. April 1933.

Bezugsgröße	Impfung	Eiweiß-N (1) nach Tagen			Löslicher N (2) nach Tagen			Gesamt-N (1 + 2) nach Tagen		
		15 (4)	21 (10)	32 (21)	15 (4)	21 (10)	32 (21)	15 (4)	21 (10)	32 (21)
Frisch- gewicht 0 (N als $\frac{0}{100}$ N des Frisch- gewichts)	ungeimpft	3,88	2,72	0,68	0,51	0,42	0,55	4,39	3,14	1,23
	geimpft	4,03	2,91	14,30	0,66	1,00	5,58	4,69	4,26	19,88
Blatt- einheit (N als mg N für 10 Blätter)	ungeimpft	3,98	2,42	0 44	0,52	0,37	0,35	4,52	2,79	0,79
	geimpft	4,49	2,14	1,98	0,74	0,74	0,77	5,27	2,88	2,75

Noch größer sind die Unterschiede zwischen ungeimpft und geimpft, wenn wir die auf Frischgewicht bezogenen Werte nach 32 (21) Tagen zugrundelegen. Hier haben wir im Eiweiß-N das 21 fache, im löslichen N das 10-fache und im Gesamt-N das 16 fache der Werte ungeimpfter Blätter. Die gleiche Erscheinung einer unverhältnismäßig starken Steigerung der auf Frischgewicht bezogenen N-Werte geimpfter Blätter wird uns auch in den meisten der später besprochenen Versuche begegnen; sie steht damit in Zusammenhang, daß ältere geimpfte Blätter einen früheren Abfall des Wassergehaltes haben als ungeimpfte. Im vorliegenden Versuch ist der Wassergehalt der geimpften Blätter leider wegen Materialmangels nicht mitbestimmt. Aus den ermittelten N-Werten und aus dem Vergleich mit späteren Versuchsreihen dürfen wir aber annehmen, daß der Wassergehalt auf mindestens die Hälfte desjenigen ungeimpfter Blätter gesunken ist.

In Tabelle 3b sind außer dem Wassergehalt der untersuchten Blätter noch die relativen Eiweißwerte angegeben; diese sind bei den geimpften Blättern zunächst, d. h. nach 15 (4) und 21 (10) Tagen wegen des Anstiegs des löslichen N geringer, nach 32 (21) Tagen aber höher als bei ungeimpften Blättern, weil zu dieser Zeit der Eiweißgehalt bei weitem nicht so stark abgefallen ist wie bei den gesunden Blättern.

Tabelle 3b.

Relative Eiweißwerte und Wassergehalt der Blätter, ungeimpft und geimpft.

(Versuchsreihe 1.)

Versuchsbedingungen und Versuchsunterlagen der Eiweißwerte

(Eiweiß-N : löslichem N) siehe Tabelle 3a.

Impfung	Relative Eiweißwerte nach Tagen			Wassergehalt nach Tagen		
	15 (4)	21 (10)	32 (21)	15 (4)	21 (10)	32 (21)
Ungeimpft	7,60	6,48	1,24	88,4	90,5	91,4
Geimpft (Typus IV)	6,12	2,91	2,56	86,6	89,9	—

Versuchsreihe 2.

Der vorstehende Versuch wurde mit gleicher Versuchsanstellung am 22. Mai 1933 (Impfung am 2. Juni 1933) wiederholt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4a und 4b wiedergegeben.

Tabelle 4a.

Stickstoffhaushalt von Weizenblättern, ungeimpft und geimpft.

(Versuchsreihe 2)

Weizensorte: Strubes Dickkopf.

Rost: *Puccinia triticina*, Rasse 14.

Infektionstypus: IV.

Nährboden: Hohenbocker Sand mit K (als KCl) 7,6 mg, N (als $\text{Ca}[\text{NO}_2]_2$) 0,6 mg,P (als $\text{Ca}_3[\text{PO}_4]_2$) 0,4 mg je Pflanze.

Saat: 22. Mai 1933.

Impfung: 2. Juni 1933.

Bezugsgröße	Impfung	Eiweiß-N (1) nach Tagen			Löslicher N (2) nach Tagen			Gesamt-N (1 + 2) nach Tagen		
		16 (5)	21 (10)	31 (20)	16 (5)	21 (10)	31 (20)	16 (5)	21 (10)	31 (20)
Frisch- gewicht 0 (N als $\frac{0}{100}$ N)	ungeimpft	3,18	2,28	0,65	0,47	0,43	0,50	3,65	2,71	1,15
	geimpft (Typus IV)	3,05	2,32	4,50	0,60	0,69	2,50	3,65	3,01	7,00
Blatt- einheit (N als mg N für 10 Blätter)	ungeimpft	2,58	1,97	0,35	0,38	0,37	0,27	2,96	2,34	0,62
	geimpft (Typus IV)	2,36	1,92	1,25	0,47	0,57	0,69	2,83	2,49	1,94

Tabelle 4b.

Relative Eiweißwerte und Wassergehalt der Blätter, ungeimpft und geimpft.

(Versuchsreihe 2).

Versuchsbedingungen und Versuchsunterlagen der Eiweißwerte
(Eiweiß-N : löslichem N) siehe Tabelle 4a.

Impfung	Relative Eiweiß- werte nach Tagen			Wassergehalt nach Tagen		
	16 (5)	21 (10)	31 (20)	16 (5)	21 (10)	31 (20)
Ungeimpft	6,77	5,30	1,30	91,2	92,1	91,5
Geimpft	5,08	3,36	1,80	92,0	90,5	78,4

Die Ergebnisse stimmen mit den früheren weitgehend überein. Die absoluten N-Werte (mg N für 10 Blätter) zeigen bis 21 (10) Tagen, abgesehen von einer Erhöhung des löslichen N und der dadurch bedingten Steigerung des Gesamt-N, keine Unterschiede zu ungeimpft. Nach 31 (20) Tagen liegen sämtliche N-Werte der geimpften Blätter aber wieder ganz wesentlich höher als bei ungeimpft; der Eiweiß-N ist im Gegensatz zu ungeimpft nur noch wenig abgefallen, während der lösliche N weiter angestiegen ist. Dadurch weist der Gesamt-N nunmehr das mehr als 3-fache desjenigen ungeimpfter Blätter auf.

Die N-Werte für Frischgewicht ($\frac{0}{100}$ N, obere Hälfte von Tabelle 4a) entsprechen diesem Bilde; nur sind die Unterschiede wieder noch ausgesprochener, weil zu der auch in den absoluten Werten zum Ausdruck kommenden Steigerung noch die Wirkung des sinkenden Wassergehaltes der infizierten Blätter (siehe Tabelle 4b) kommt. So haben wir hier statt des Abfalls des Eiweiß-N und der annähernden Konstanz des löslichen N in ungeimpften Blättern nach 31 (20) Tagen einen starken Anstieg beider Werte, für Eiweiß-N auf das fast 7-fache, für löslichen N auf das 5-fache und damit für den Gesamt-N auf das 6-fache der Werte für ungeimpft.

Auch in den relativen Eiweißwerten (Eiweiß-N: löslichem N, linke Hälfte von Tabelle 4b) liegt Übereinstimmung mit den früheren Feststellungen vor: zuerst Absinken der Werte im Vergleich zu ungeimpft, am Schluß wieder ein höherer Wert.

Die Wassergehaltswerte (rechte Hälfte von Tabelle 4b) zeigen den schon erwähnten starken Abfall der Werte für geimpfte Blätter nach 31 (20) Tagen.

b. Der Einfluß von Infektionstypus o (Versuchsreihen 3 und 4).

Die Versuche sind mit Malakoff-Weizen und Braunrostrasse 14 durchgeführt. Aussaat und Impfung erfolgten in Versuchsreihe 3 am

29. Mai bzw. 8. Juni 1933, bei Versuchsreihe 4 am 1. Juni bzw. 10. Juni. Die allgemeinen Versuchsbedingungen sind die gleichen wie in den vorstehenden Versuchsreihen 1 und 2. Die Ergebnisse der Versuchsreihen 3 und 4 stimmen so weitgehend überein, daß sie gemeinschaftlich besprochen werden können.

Tabelle 5a.

Stickstoffhaushalt von Weizenblättern, ungeimpft und geimpft.
(Versuchsreihe 3.)

Weizensorte: Malakoff.

Rost: *Puccinia triticina*, Rasse 14.

Infektionstypus: 0.

Nährboden: Hohenbockaer Sand mit K (als KCl) 7,6 mg, N (als $\text{Ca}[\text{NO}_3]_2$) 0,6 mg, P als $(\text{Ca}_3[\text{PO}_4]_2)$ 0,4 mg je Pflanze.

Saat: 29. Mai 1933.

Impfung: 8. Juni 1933.

Bezugsgröße	Impfung	Eiweiß-N (1) nach Tagen			Löslicher N (2) nach Tagen			Gesamt-N (1 + 2) nach Tagen		
		15 (5)	21 (11)	31 (21)	15 (5)	21 (11)	31 (21)	15 (5)	21 (11)	31 (21)
Frischgewicht $\frac{0}{100}$ N	ungeimpft	3,61	2,44	1,32	0,64	0,62	0,79	4,25	3,06	2,11
	geimpft	3,37	2,53	1,43	0,64	0,63	0,89	4,01	3,16	2,31
Blatteinheit (N als mg N für 10 Blätter)	ungeimpft	2,67	1,77	0,77	0,47	0,45	0,46	3,14	2,22	1,23
	geimpft	2,42	1,79	0,73	0,46	0,45	0,45	2,88	2,24	1,18

In den absoluten N-Werten (mg N für 10 Blätter) liegen überhaupt kaum Unterschiede zwischen geimpft und ungeimpft vor. Die auf Frischgewicht bezogenen Werte ($\frac{0}{100}$ des Frischgewichtes) stimmen nach 15 (5) und 21 (11) bzw. 14 (4) bzw. 19 (9) Tagen zwischen geimpft und ungeimpft überein; nach 31 (21) bzw. 29 (19) Tagen haben wir bei den geimpften Blättern einen geringeren Abfall der Eiweißwerte und einen gewissen Anstieg des löslichen N, dementsprechend auch einen höheren Wert des Gesamt-N im Vergleich zu ungeimpft. Vergleichen wir hiermit wieder den Wassergehalt (Tabelle 5b und 6b), so erkennen wir als Grund der Verschiedenheit wieder einen hier allerdings nur schwachen Abfall des Wassergehaltes. Auch die den Typus 0 zeigenden geimpften Blätter werden früher funktionslos als ungeimpfte; in einer späteren Versuchsreihe (5) mit längerer Versuchsdauer werden wir deshalb noch

Tabelle 5b.

Relative Eiweißwerte und Wassergehalt der Blätter, ungeimpft und geimpft.
(Versuchsreihe 3.)

Versuchsbedingungen und Versuchsunterlagen der Eiweißwerte
(Eiweiß-N : löslichem N) siehe Tabelle 5a.

Impfung	Relative Eiweiß- werte nach Tagen			Wassergehalt (%) nach Tagen		
	15 (5)	21 (11)	31 (21)	15 (5)	21 (11)	31 (21)
Ungeimpft	5,64	3,94	1,67	92,7	90,4	90,5
Geimpft	5,27	4,02	1,62	91,8	90,8	89,7

stärkere Unterschiede der absoluten und der auf Frischgewicht bezogenen N-Werte antreffen.

In Versuchsreihe 3 (Tabelle 5b) haben wir Abfall der relativen Eiweißwerte von 15 (5) nach 31 (21) Tagen, in Versuchsreihe 4 (Tabelle 6b) zunächst einen Anstieg und erst nach 29 (19) Tagen den üblichen Abfall. Der Unterschied beruht auf dem verschiedenen hohen Gehalt an löslichem N nach 14 (4) bzw. 15 (5) Tagen, der seinerseits durch Unterschiede der

Tabelle 6a.

Stickstoffgehalt von Weizenblättern, ungeimpft und geimpft.
(Versuchsreihe 4.)

Weizensorte (Malakoff), Rost (*P. triticina*, Rasse 14), Infektionstypus 0
und Nährboden wie in Versuch von Tabelle 5a.

Saat: 1. Juni 1933.

Impfung: 10. Juni 1933.

Bezugsgröße	Impfung	Eiweiß-N (1) nach Tagen			Löslicher N (2) nach Tagen			Gesamt-N (1+2) nach Tagen		
		14 (4)	19 (9)	29 (19)	14 (4)	19 (9)	29 (19)	14 (4)	19 (9)	29 (19)
Frisch- gewicht 0 (N als $\frac{0}{100}$ N)	ungeimpft	3,66	2,80	1,44	0,89	0,48	0,84	4,55	3,28	2,28
	geimpft	3,57	2,90	1,93	0,96	0,56	1,00	4,53	3,46	2,93
Blatt- einheit (N als mg N für 10 Blätter)	ungeimpft	2,39	2,03	0,93	0,58	0,35	0,54	2,97	2,38	1,47
	geimpft	2,31	1,99	1,09	0,62	0,39	0,56	2,93	2,38	1,65

Tabelle 6b.

Relative Eiweißwerte und Wassergehalt der Blätter, ungeimpft und geimpft
(Versuchsreihe 4)

Versuchsbedingungen und Versuchsunterlagen der Eiweißwerte
(Eiweiß-N : löslichem N) siehe Tabelle 6a.

Impfung	Relative Eiweiß- werte nach Tagen			Wassergehalt nach Tagen		
	14 (4)	19 (9)	29 (19)	14 (4)	19 (9)	29 (19)
Ungeimpft	4,12	5,84	1,71	90,7	90,7	90,6
Geimpft	3,72	5,18	1,93	91,1	90,9	84,3

Temperatur- und Lichtverhältnisse sowie etwas verschiedenartige Aufstellung der ungleichzeitig durchgeführten Versuchsreihen bedingt sein dürfte. Zwischen geimpften und ungeimpften Pflanzen liegen aber nirgends nennenswerte Unterschiede vor. Der Wassergehalt ist, wie schon erwähnt, bei den geimpften Blättern nach längerer Versuchsdauer etwas geringer als bei den ungeimpften.

Zusammenfassend kommen wir also zu der Feststellung, daß die bei Infektionstypus IV vorliegende ausgesprochene Erhöhung des N-Gehaltes der geimpften Blätter bei Infektionstypus O fehlt, und daß bei dem letzten, soweit nicht gerade Unterschiede des Wassergehaltes hineinspielen, in geimpften und ungeimpften Blättern Übereinstimmung aller N-Werte herrscht.

5. Der Einfluß von *Puccinia glumarum* auf den Stickstoffhaushalt infizierter Weizenblätter.

Die Versuchsanordnung der 3 folgenden mit *Puccinia glumarum* auf 3 verschiedenen Weizensorten durchgeführten Versuchsreihen (Nr. 5—7) unterscheidet sich insoweit von den vorstehenden Versuchen mit Braunrost, als in jeder Versuchsreihe jedes Mal 2 verschiedene Rostrassen, die verschiedene Infektionstypen erzeugten, auf jeweils derselben Weizensorte zur Impfung verwendet wurden. Dadurch wurde es möglich, an Hand des auf derselben Weizensorte erzielten verschiedenartigen Infektionsbildes auf der gleichen Weizensorte die Wirkungen zweier verschiedener Infektionstypen unmittelbar zu vergleichen. Außerdem kamen natürlich stets gleichzeitig auch ungeimpfte Kontrollpflanzen zur Untersuchung.

Folgende Infektionstypen wurden unter sich und gleichzeitig natürlich mit ungeimpften Kontrollen in Vergleich gesetzt:

Versuchsreihe 5: Typus 0 und IV auf Heines Kolben-Sommerweizen,
 Versuchsreihe 6: Typus i und III bis IV auf Strubes Dickkopf-Winterweizen.
 Versuchsreihe 7: Typus II und IV auf Holzapfels Frühweizen.

Weitere Versuchseinzelheiten sind in der folgenden Besprechung der jeweiligen Versuche wiedergegeben.

a. Der Einfluß der Infektionstypen 0 und IV (Versuchsreihe 5).

Der Versuch kam am 29. März 1934 mit Heines Kolben Sommer-Weizen zur Durchführung; zur Erzielung von Infektionstypus 0 wurde Gelbrostrasse 7, für Typus IV Gelbrostrasse 9 verwendet. Die Impfung erfolgte am 10. April 1934, die Analysen nach 12 (0), 22 (10), 32 (20) und

Tabelle 7a
 Stickstoffhaushalt von Weizenblättern, ungeimpft und geimpft.
 (Versuchsreihe 5).

Weizensorte: Heines Kolben Sommerweizen.

Rost und Infektionstypus: *Puccinia glumarum*. Rasse 7 (= Typus 0) und Rasse 9 (= Typus IV).

Nährboden: Hohenbocker Sand mit K (als KCl) 11,7 mg, P (als Na_3PO_4) 2,1 mg,
 N (als $\text{Ca}[\text{NO}_3]_2$) 4,2 mg je Pflanze.

Saat: 29. März 1934.

Impfung: 10. April 1934.

Bezugsgröße	Impfung und Infektions-Typus	Eiweiß-N (1) nach Tagen				Löslicher N (2) nach Tagen				Gesamt-N (1+2) nach Tagen			
		12 (0)	22 (10)	32 (20)	47 (35)	12 (0)	22 (10)	32 (20)	47 (35)	12 (0)	22 (10)	32 (20)	47 (35)
Frischgewicht 0 (N als $\frac{00}{100}$ N des Frischgewichtes)	ungeimpft	3,82	3,07	2,07	0,89	0,88	0,91	0,44	0,65	4,70	3,98	2,51	1,54
	Rasse 7 (Typus 0)	—	3,13	2,26	2,94	—	0,95	0,50	1,48	—	4,08	2,76	4,42
	Rasse 9 (Typus IV)	—	2,99	2,22	—	—	1,06	1,19	—	—	4,05	3,41	—
	ungeimpft	5,90	4,10	3,28	0,78	1,36	1,22	0,70	0,57	7,26	5,32	3,98	1,35
	Rasse 7 (Typus 0)	—	4,12	3,30	0,87	—	1,26	0,73	0,44	—	5,38	4,03	1,31
	Rasse 9 (Typus IV)	—	4,40	3,40	—	—	1,56	1,81	—	—	5,96	5,21	—
Blatt-einheit (N als mg N für 10 Blätter)	ungeimpft	5,90	4,10	3,28	0,78	1,36	1,22	0,70	0,57	7,26	5,32	3,98	1,35
	Rasse 7 (Typus 0)	—	4,12	3,30	0,87	—	1,26	0,73	0,44	—	5,38	4,03	1,31
	Rasse 9 (Typus IV)	—	4,40	3,40	—	—	1,56	1,81	—	—	5,96	5,21	—

47 (35) Tagen, jedoch konnten am letzten Ablesungstage nur noch die Kontrollpflanzen und die Pflanzen mit Typus 0 analysiert werden, weil die Pflanzen mit Typus IV wegen anderweitigen Pilzbefalls vorzeitig ausgeschaltet werden mußten. Abgesehen hiervon verlief der Versuch ordnungsmäßig; die mit Rasse 7 geimpften Blätter zeigten nach 10 Tagen deutliche chlorotische Verfärbungen und behielten diese bei, die mit Rasse 9 infizierten Blätter waren 10 Tage nach der Impfung gelblich überhaucht und zeigten anschließend starke Pustelbildung ohne Blattverfärbungen.

Wir vergleichen zunächst die bei Typus 0 vorliegende N-Bilanz mit derjenigen ungeimpfter Blätter. Danach gibt es in den absoluten N-Werten (N als mg N für 10 Blätter, untere Hälfte von Tabelle 7a) überhaupt keinen Einfluß der Infektion; sämtliche N-Werte sinken in völliger Übereinstimmung von geimpft und ungeimpft mit zunehmendem Blattalter ab. Dieses Absinken beobachten wir bei den auf Frischgewicht bezogenen Werten ($\frac{0}{100}$ N, obere Hälfte von Tabelle 7a) nur bis 32 (20) Tage; dann kommt es hier zu einem stärkeren Anstieg. Dieser stellt wieder keine Erhöhung des wirklichen N-Gehaltes dar, sondern beruht auf dem gleichzeitigen Sinken des Wassergehaltes der infizierten Blätter (siehe Tabelle 7b rechte Hälfte), die in Übereinstimmung mit den früheren Beobachtungen an *Puccinia triticina* eher funktionslos werden und vertrocknen als ungeimpfte.

Tabelle 7b.

Relative Eiweißwerte (Eiweiß-N : löslichem N) und Wassergehalt ungeimpfter und geimpfter Weizenblätter.

(Versuchsreihe 5).

Unterlagen der Eiweißwerte siehe Tabelle 7a.

Impfung	Relative Eiweißwerte nach Tagen				Wassergehalt % nach Tagen			
	12 (0)	22 (10)	32 (20)	47 (35)	12 (0)	22 (10)	32 (20)	47 (35)
ungeimpft	4,33	3,37	4,70	1,37	92,0	91,7	91,6	89,3
Rasse 7 (Typus 0)	—	3,29	4,53	1,98	—	89,4	92,0	75,4
Rasse 9 (Typus IV)	—	2,82	1,87	—	—	90,9	90,0	—

Die in der vorstehenden Tabelle 7b noch angeführten relativen Eiweißwerte zeigen wohl eine Unstetigkeit nach 22 (10) Tagen, gehen jedoch sonst für geimpft und ungeimpft ausreichend parallel. Wir können

also zusammenfassend feststellen, daß eine Rostinfektion bei Vorliegen von Typus 0 keine Beeinflussung des N-Haushaltes zur Folge hat. Die nach 47 (35) Tagen vorliegenden Unterschiede der auf Frischgewicht bezogenen N-Werte sind schon als indirekte Wirkung des Wassergehaltes erklärt und stellen keinen Widerspruch zu der eben gemachten Feststellung dar.

Ganz anders ist nun wieder das Bild der N-Kurven nach Impfung der Blätter mit einer Rostrasse, die Infektionstypus IV bedingt. Schon nach 22 (10) Tagen, also noch vor dem Pustelausbruch, zeigen die absoluten N-Werte (mg N für 10 Blätter, untere Hälfte von Tabelle 7a) einen Anstieg aller N-Werte in Vergleich zu ungeimpft oder genauer gesagt, einen in Vergleich zu ungeimpft etwas geringeren Abfall der Eiweißwerte von 12 (0) nach 22 (10) Tagen und einen wirklichen Anstieg des löslichen N. Nach 32 (20) Tagen haben wir im Eiweißgehalt fast dasselbe Bild, im löslichen N, der bei ungeimpft deutlich abfällt, aber nunmehr einen sehr deutlichen Anstieg, sodaß der Wert für Gesamt-N weit über die bei ungeimpft vorliegenden Werte hinausgeht.

Bei Berechnung auf Frischgewicht ($\frac{0}{100}$ N, obere Hälfte von Tabelle 7a) macht sich die Beeinflussung des N-Haushaltes nach 22 (10) Tagen nur in einem Anstieg des löslichen N, nach 32 (20) Tagen in einer wesentlichen Erhöhung des löslichen N in Vergleich zu ungeimpft und dadurch auch in einer Steigerung des Gesamt-N bemerkbar.

Leider fehlen aus schon angeführten Gründen die entsprechenden Feststellungen für 47 (35) Tage, sodaß das Bild unvollständig bleibt. Jedoch genügen die nach 32 (20) Tagen erhaltenen Befunde zu dem Nachweis, daß die Wirkung einer starken Gelbrostinfektion (Typus IV) insoweit in der gleichen Richtung liegt wie bei den weiter oben besprochenen Braunrostversuchen, als wir auch hier eine starke Erhöhung des löslichen N antreffen, die zu einer Steigerung des Gesamt-N in Vergleich zu ungeimpft führt. Über die Beeinflussung des Gehaltes an Eiweiß-N läßt sich nichts sagen, weil der Versuch vorzeitig abgebrochen werden mußte. Jedoch deuten die etwas höheren absoluten Eiweißwerte der geimpften Blätter nach 22 (10) und 32 (20) Tagen darauf hin, daß wir auch hier beim Gelbrost einen in Vergleich zu ungeimpft geringeren Abfall der Eiweißwerte zu erwarten haben.

Die relativen Eiweißwerte sind bei Blättern mit Infektionstypus IV (Tabelle 7b) genau wie zuerst beim Braunrost wesentlich geringer als bei ungeimpft, weil der lösliche N einen Anstieg erfahren hat.

b. Der Einfluß der Infektionstypen *i* und III bis IV (Versuchsreihe 6).

Die Versuche sind mit Strubes Dickkopf-Winterweizen und den Gelbrostrassen 18 (= Typus *i*) und Rasse 6 (= Typus III bis IV) durch-

geführt; die Aussaat erfolgte am 17. November, die Impfung am 28. November 1933. Die Versuche sind also in der lichtarmen Jahreszeit (17. November 1933 bis 3. Januar 1934) durchgeführt, woraus sich wohl hauptsächlich die in Vergleich zu anderen Versuchsreihen (siehe Tabelle 2 und Tabelle 8) auffallend tiefen relativen Eiweißwerte erklären. Die Anzucht der Pflanzen erfolgte wie immer in Hohenbockaer Sand + Nährlösung; K (als KCl) war mit 5,4 mg, P (als Na_3PO_4) mit 0,78 mg und N (als $\text{Ca}[\text{NO}_3]_2$) mit 3,1 mg je Pflanze gegeben.

Die Ergebnisse sind graphisch dargestellt; Abb. 1 enthält den Vergleich von Typus *i* zu ungeimpft und soll zuerst besprochen werden.

Sowohl die auf Frischgewicht bezogenen N-Werte ($\frac{0}{100}$ N, oberer Teil von Abb. 1) wie die absoluten N-Werte (mg N für 10 Blätter, unterer Teil von Abb. 1) zeigen gute Übereinstimmung zwischen geimpften und ungeimpften Blättern, nur verläuft die Eiweißkurve (und damit auch der Gesamt-N) geimpfter Blätter etwas höher. Die maximalen N-Werte werden im Hinblick auf die Durchführung der Versuche im Winter erst nach 15 (4) bis 26 (15) Tagen erreicht; dann setzt auch hier der Abfall ein. Auf Frischgewicht und auf Blatteinheit bezogen sind die N-Werte der ungeimpften und der geimpften Blätter nach 47 (36) Tagen in folgender Weise abgesunken, wenn wir die Werte für ungeimpft nach 21 (10) Tagen = 100 setzen:

	Bezogen auf Frischgewicht ($\frac{0}{100}$ N)		Bezogen auf Blatteinheit (mg N)	
	Ungeimpft %	Geimpft %	Ungeimpft %	Geimpft %
Eiweiß-N . . auf	44	50	41	49
Löslicher N . . auf	81	81	75	78
Gesamt-N . . auf	55	59	51	57

Auch in den relativen Eiweißwerten liegen keine wesentlichen Unterschiede zwischen geimpft und ungeimpft vor, wie Tabelle 8 zeigt; in beiden Fällen haben wir vor allem einen Abfall der relativen Eiweißwerte. Immerhin machen sich die bereits oben erwähnten etwas höheren Eiweißwerte auch in einer gewissen Steigerung der relativen Eiweißwerte bemerkbar. Da die Unterschiede von 32 (21) Tagen ab stets in der gleichen Richtung liegen, will es uns doch scheinen, daß hier eine Gesetzmäßigkeit vorliegt. Das ist auch nicht ganz ausgeschlossen, obwohl bekanntlich, rein äußerlich gesehen, der Infektionstypus *i* keine Wirkungen hervorbringt. Andererseits aber wissen wir aus den Untersuchungen von Stakman (19, 20) und Allen (1—3), daß die normal eingedrungenen Keimschläuche doch nicht ganz wirkungslos sind. Denn alle Zellen der Wirtspflanze, die mit ihnen in Berührung kommen, sterben ab. Wenn nun in künstlich reich-

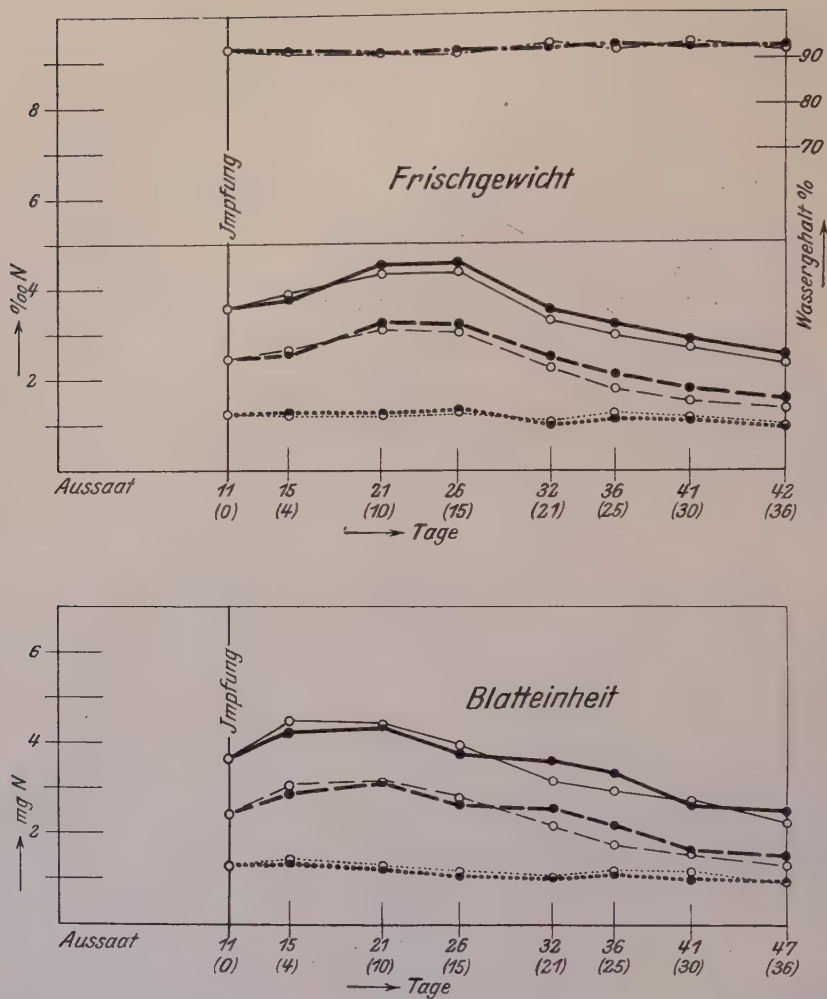


Abb. 1.

Vergleich des N-Haushaltes von Weizenblättern,
ungeimpft und nach Impfung mit Gelbrostrasse 18 = Infektionstypus i.
(Versuchsreihe 6.)

Weizensorte: Strubes Dickkopf Winterweizen.

Versuchsbeginn: 17. November 1933.

Versuchseinzelheiten siehe Text.

Obere Abbildung: N-Werte ($\frac{0}{00}$ N) bezogen auf Frischgewicht.

Untere Abbildung: N-Werte (mg N) bezogen auf Blatteinheit (= 10 Blätter).

Es bedeutet: Volle	Linie = Gesamt-N	} dicke Linien = geimpfte Blätter dünne Linien = ungeimpfte Blätter
Gestrichelte	Linie = Eiweiß-N	
Punktierter	Linie = Löslicher N	
Strichpunktierter	Linie = Wassergehalt	

lich infizierten Blättern viele solcher kleinen und makroskopisch gar nicht sichtbaren Stellen vorliegen, in denen die Eiweißableitung insoweit gestört sein muß, als Zellen abgetötet sind, so ist durchaus denkbar, daß sich dies bei der Analyse älterer Blätter in einem etwas geringeren Abfall der Eiweißwerte äußert. Nach dem meist etwas höheren Verlauf der Eiweißkurve (Abb. 1) und der Steigerung der relativen Eiweißwerte (Tabelle 8) scheint dies also wirklich in einem gewissen Grade der Fall zu sein

Tabelle 8.

**Relative Eiweißwerte (Eiweiß-N : löslichem N)
ungeimpfter und geimpfter Weizenblätter.**

(Versuchsreihe 6.)

Versuchsunterlagen siehe Abb. 1 und 2.

Impfung	Relative Eiweißwerte nach Tagen							
	11 (0)	15 (4)	21 (10)	26 (15)	32 (21)	36 (25)	41 (30)	47 (36)
Ungeimpft	1,89	2,14	2,54	2,41	2,08	1,47	1,32	1,38
Rasse 18 (Typus i)	—	2,08	2,60	2,45	2,46	1,91	1,66	1,57
Rasse 6 (Typus III—IV) . .	—	2,02	2,35	1,97	1,05	0,93	0,91	0,84

Wir wenden uns nunmehr denjenigen Versuchen zu, in denen der gleiche Weizen (Strubes Dickkopf Winter-Weizen) mit Gelbrostrasse 6 geimpft wurde und dementsprechend den Infektionstypus III bis IV, also reichliche Pustelbildung in mehr oder minder deutlichen chlorotischen Verfärbungen aufwies. Die Ergebnisse sind in Abb. 2 wiedergegeben.

Bis zum 21 (10) Tage sind die N-Werte zwischen geimpft und ungeimpft praktisch gleich; dann gehen die Kurven auseinander, sodaß die Wirkung der Infektion auf den N-Haushalt mit zunehmender Versuchsdauer immer deutlicher wird. In den absoluten N-Werten (mg N für 10 Blätter, unterer Teil von Abb. 2) gehen die Eiweißwerte der geimpften Blätter zunächst weiter denjenigen der ungeimpften Blätter parallel; in den beiden letzten Analysen, also nach 41 (30) und 47 (36) Tagen, bleiben sie dann aber konstant, während sie bei ungeimpft noch etwas abfallen. Gänzlich abweichend verhält sich der lösliche N, der bei den geimpften Blättern vom 26 (15) Tage an gleichmäßig ansteigt, bis er vom 36 (25) Tage an sogar den Eiweißgehalt übertrifft. Dieser Anstieg bewirkt, daß der Gesamt-N, der bei ungeimpft vom 21 (10) Tage an gleichmäßig sinkt, bei den geimpften Blättern zunächst nur schwach abfällt und vom 36 (25) Tage an ansteigt.

In den Frischgewichtswerten ($\frac{0}{00}$ N, oberer Teil von Abb. 2) kommt zu dem eben geschilderten abweichenden Verhalten des N-Haushaltes geimpfter Blätter nun wieder noch der Einfluß des Wassergehaltes

der vom 26 (15) Tage an bei den geimpften Blättern tiefer bleibt als bei den ungeimpften, einerseits wohl, weil die Verdunstungsgröße von Blättern mit Rostpusteln größer ist als diejenige ungeimpfter (Gaßner und Goeze, 8), anderseits aber auch, weil geimpfte Blätter früher funktionslos werden und abtrocknen als gesunde. So haben wir bezogen auf Frischgewicht schließlich einen deutlichen Anstieg der Eiweißwerte, einen hohen

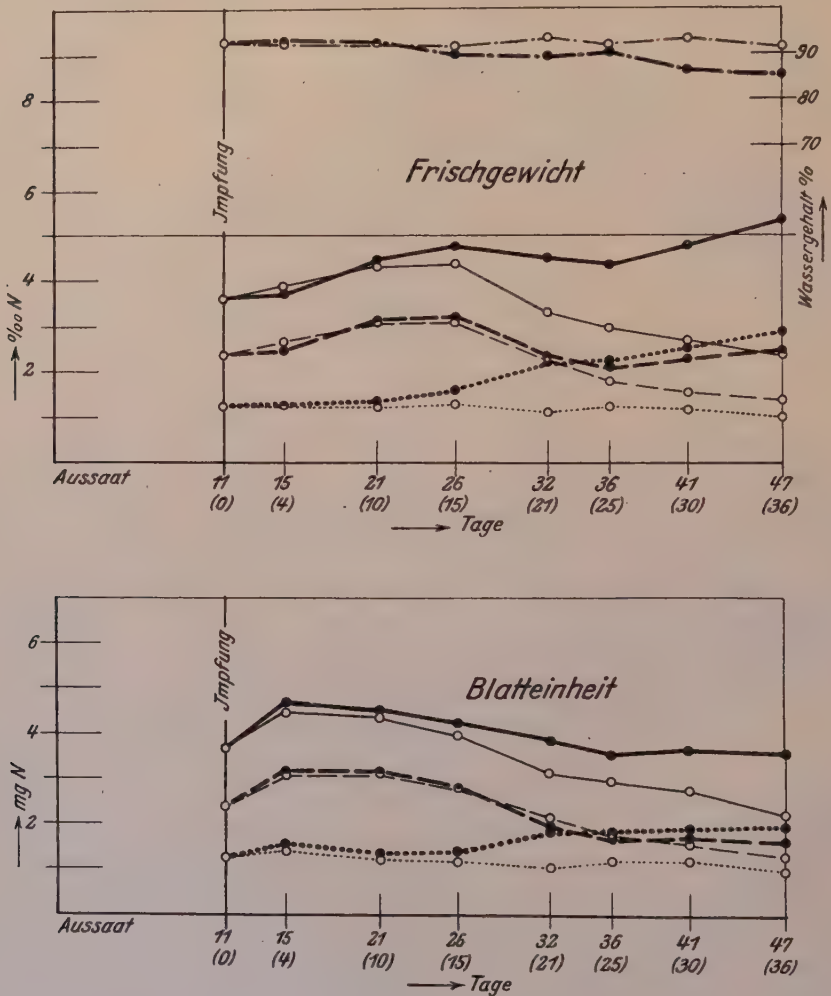


Abb. 2.

Vergleich des N-Haushaltes von Weizenblättern,
ungeimpft und nach Impfung mit Gelbrostrasse 6 = Infektionstypus III—IV.
(Versuchsreihe 6.)

Weizensorte: Strubes Dickkopf Winterweizen.

Versuchsbeginn: 17. November 1933.

Versuchseinzelheiten siehe Text.

Zeichenerklärung siehe Abb. 1.

Anstieg des löslichen N und statt des Abfalls des Gesamt-N bei ungeimpften Blättern zunächst annähernde Konstanz und dann Anstieg der Werte für Gesamt-N.

Zahlenmäßig gestaltet sich die N-Bilanz geimpfter und ungeimpfter Blätter am Versuchsschluß, also nach 47 (36) Tagen wie folgt, wenn wir wieder die Werte für ungeimpft nach 21 (10) Tagen = 100 setzen und die Werte nach 47 (36) Tagen prozentual hierauf beziehen:

	Bezogen auf Frischgewicht($\frac{0}{100}$ N)		Bezogen auf Blatteinheit (mg N)	
	Ungeimpft %	Geimpft %	Ungeimpft %	Geimpft %
Eiweiß-N	44	78	41	51
Löslicher N . . .	81	237	75	156
Gesamt-N	55	123	51	81

Das Verhalten der relativen Eiweißwerte geht aus der obigen Tabelle 8 hervor; vom 26 (15) Tage an liegen alle relativen Eiweißwerte der geimpften Blätter (Typus III bis IV) wegen des Anstiegs des löslichen N deutlich unter den entsprechenden Werten der ungeimpften Blätter. Ein Vergleich mit den weiter oben besprochenen Braunrostversuchen ergibt Übereinstimmung in den ersten Analysen; bei der letzten Bestimmung hatten wir aber beim Braunrost höhere relative Eiweißwerte bei den geimpften Blättern.

c. Der Einfluß der Infektionstypen II und IV (Versuchsreihe 7).

In den bisherigen Versuchen sind die Wirkungen extremer Infektionstypen, also einerseits *i* bzw. 0, anderseits IV bzw. III bis IV gegenübergestellt; in der folgenden Versuchsreihe sind ein geringer (II) und ein hoher (IV) Infektionstypus unter sich und mit ungeimpften Blättern in Vergleich gesetzt. In diesen Versuchen ist Holzapfels Frühweizen mit Gelbrostrasse 1 (= Typus IV) und mit Rasse 5 (= Typus II) infiziert. Aussaat am 29. Dezember 1933 in Hohenbockaer Sand + Nährlösung, wobei K (als KCl) mit 5,4 mg, P (als Na_2HPO_4) mit 0,78 mg und N (als $\text{Ca}[\text{NO}_3]_2$) mit 3,1 mg je Pflanze gegeben waren. Die Impfung erfolgte am 10. Januar 1934; 10 Tage nach der Impfung lagen bei beiden Rassen gelbliche Verfärbungen der Blätter vor, bei Rasse 1 etwas stärker als bei Rasse 5. Nach weiteren 5 Tagen zeigten die mit Rasse 1 geimpften Blätter starke Pustelausbrüche ohne wesentliche Blattverfärbungen (Typus IV), während die mit Rasse 5 infizierten Blätter geringe Pustelausbrüche in stark chlorotischen Flächen zeigten (Typus II). Am Versuchsschluß, also nach 42 (30) Tagen waren die ungeimpften Blätter wohl gelblich, aber noch turgeszent, die Blätter mit Typus IV deutlich im Absterben begriffen und vertrocknend; der Wassergehalt betrug zu dieser Zeit ungeimpft 93,8%, Typus II 88,5%, Typus IV 77,0%.

Die Versuchsergebnisse sind wieder graphisch dargestellt; wir beginnen mit der Besprechung der mit Gelbrostrasse 1 (= Infektionstypus IV) durchgeführten Versuche, weil die Deutung der mit Rasse 5 (= Typus II) erhaltenen Ergebnisse die Kenntnis der Wirkungen von Typus IV zur Voraussetzung hat.

Der N-Haushalt der mit Rasse 1 (= Typus IV) geimpften Blätter zeigt das gleiche Bild, das wir auch sonst bei hohen Infektionstypen an-

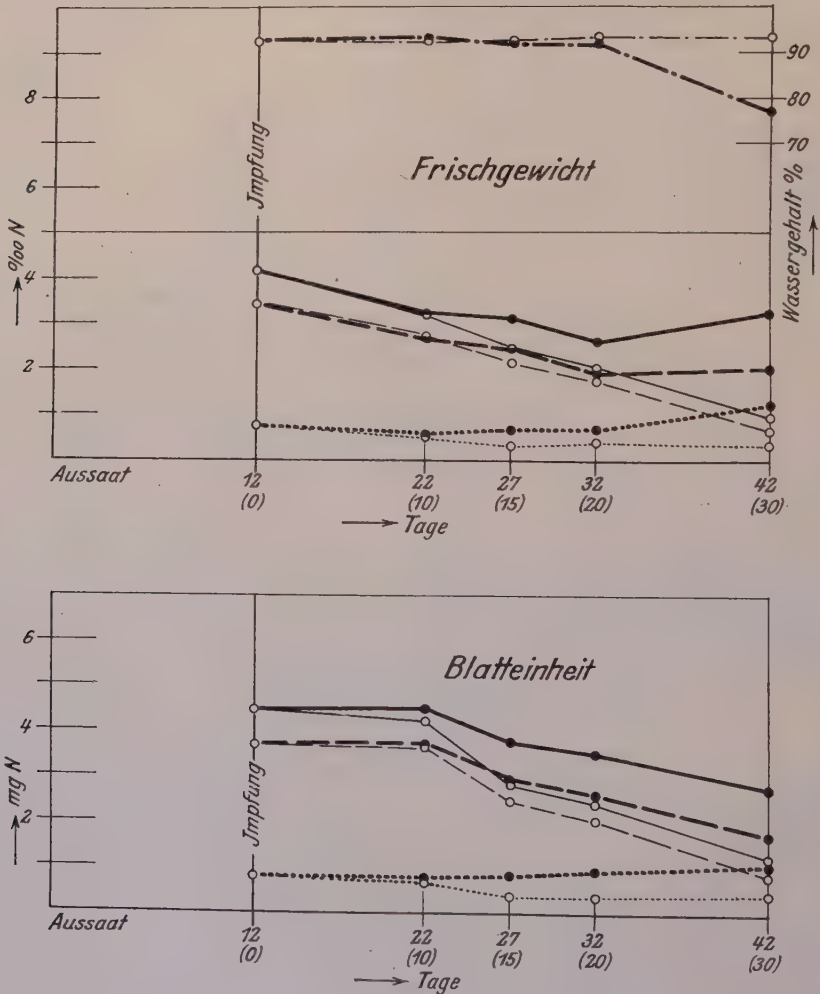


Abb. 3.

Vergleich des N-Haushaltes von Weizenblättern,
ungeimpft und nach Impfung mit Gelbrostrasse 1 = Infektionstypus IV.
(Versuchsreihe 7.)

Weizensorte: Holzapfels Frühweizen.

Versuchsbeginn: 29. Dezember 1933.

Versuchseinzelheiten siehe Text.

Zeichenerklärung siehe Abb. 1 (S. 538).

treffen. Absolut (mg N für 10 Blätter, unterer Teil von Abb. 3) zeigen die Eiweißwerte (geimpft) zunächst gleichen Verlauf mit ungeimpft, dann fallen sie ebenfalls ab, aber etwas schwächer als ungeimpft. Der lösliche N steigt vom 27 (15) Tage an gleichmäßig an, sodaß der Abfall der Kurve für Gesamt-N wesentlich schwächer, der Gehalt an Gesamt-N also höher ist als bei ungeimpft.

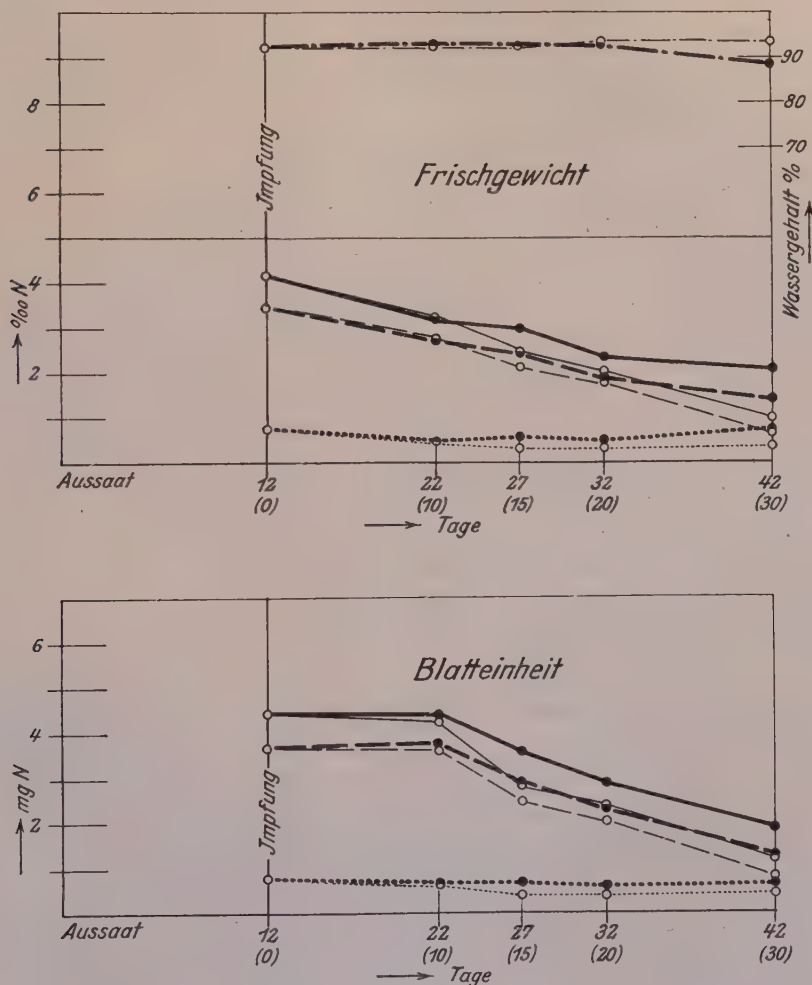


Abb. 4.

Vergleich des N-Haushaltes von Weizenblättern,
ungeimpft und nach Impfung mit Gelbrostrasse 5 = Infektionstypus II.
(Versuchsreihe 7.)

Weizensorte: Holzapfels Frühweizen.

Versuchsbeginn: 29. Dezember 1933.

Versuchseinzelheiten siehe Abb. 1.

Zeichenerklärung siehe Abb. 1 (S. 538).

In den Frischgewichtswerten ($\frac{0}{100}$ N, oberer Teil von Abb. 3) bedingt die Abnahme des Wassergehaltes wieder einen Anstieg aller N-Werte vom 32 (20) zum 42 (30) Tage.

Ein Vergleich der in Abb. 4 dargestellten N-Werte der mit Rasse 5 (= Typus II) geimpften Weizenblätter mit den eben besprochenen Werten für Typus IV ergibt in allen Einzelheiten grundsätzlich die gleichen Wirkungen der Impfung wie bei Typus IV, nur sind alle Ausschläge deutlich geringer. Wir sehen also, daß sich die Beeinflussung des N-Haushaltes um so stärker auswirkt, je höher der Infektionstypus ist; der N-Haushalt infizierter Blätter geht der Höhe des Infektionstypus parallel.

Zahlenmäßig geht das deutlich aus der folgenden Zusammenstellung der prozentualen Änderungen des N-Gehaltes hervor, wenn wir die Ausgangswerte nach 12 (0) Tagen = 100 setzen und die am Versuchsschluß, also nach 42 (30) Tagen vorliegenden Werte darauf prozentual beziehen. Wir haben dann

	Bezogen auf Frischgewicht $\frac{0}{100}$ N.			Bezogen auf Blatteinheit (mg N)		
	Un- geimpft	Typus II	Typus IV	Un- geimpft	Typus II	Typus IV
	%	%	%	%	%	%
Eiweiß-N.	19	40	59	22	34	46
Löslicher N.	44	92	166	51	78	130
Gesamt-N.	23	49	78	27	42	61

Auch in den in Tabelle 9 dargestellten relativen Eiweißwerten sehen wir deutlich die Mittelstellung der Blätter mit Infektionstypus II.

Tabelle 9.
Relative Eiweißwerte (Eiweiß-N : löslichem N)
ungeimpfter und geimpfter Weizenblätter.
(Versuchsreihe 7.)
Versuchsunterlagen siehe Abb. 3 und 4.

Impfung	Relative Eiweißwerte nach Tagen				
	12 (0)	22 (10)	27 (15)	32 (20)	42 (30)
Ungeimpft . . .	4,70	5,77	6,84	5,73	2,00
Rasse 5 (Typus II)	—	5,75	4,82	3,94	2,06
Rasse 1 (Typus IV)	—	4,77	3,63	2,82	1,67

6. Der Stickstoffhaushalt rostinfizierter Weizenblätter bei gleichzeitiger Variierung der N-Ernährung.

Aus den bisher wiedergegebenen Versuchsreihen lassen sich Schlüsse über den Einfluß der N-Düngung auf den Stickstoffhaushalt rostiger Blätter nicht ziehen, weil die sonstigen Versuchsbedingungen nicht gleich gehalten sind. Wir haben diese Frage deshalb in 2 besonderen Versuchsreihen getrennt behandelt.

a. Versuche mit *Puccinia triticina* (Versuchsreihe 8).

Die N-Ernährung (N als NH_4NO_3) wurde mit durchschnittlich 0,85 und mit 8,5 mg N je Pflanze variiert, K (als KCl) übereinstimmend mit 7,6 mg, P (als $\text{Ca}_3[\text{PO}_4]_2$) mit 1,1 mg je Pflanze gegeben. Als Weizensorte fand Strubes Roter Schlanstedter Sommer-Weizen, als Rost *Puccinia*

Tabelle 10.

Stickstoffhaushalt von Weizenblättern, ungeimpft und geimpft, bei verschiedener N-Ernährung der Pflanzen.

(Versuchsreihe 8, Fortsetzung von Abb. 5.)

Weizensorte: Strubes Roter Schlanstedter Sommerweizen.

Rost: *Puccinia triticina* Rasse 14 (= Infektionstypus IV).

Versuchseinzelheiten siehe Text.

N je Pflan- ze mg	Bezugsgröße	Impfung	Eiweiß-N(1) nach Tagen		Löslicher N (2) nach Tagen		Gesamt-N (1 + 2) nach Tagen		Wasser- gehalt (%) nach Tagen	
			32 (20)	41 (29)	32 (20)	41 (29)	32 (20)	41 (29)	32 (20)	41 (29)
0,85	Frisch- gewicht 0 (N als $\frac{0}{100}$ N des Frisch- gewichtes)	ungeimpft	1,46	0,53	0,44	0,69	1,90	1,22	92,4	89,9
		geimpft	4,83	13,42	2,56	8,33	7,39	21,75	76,4	25,4
	Blatt- einheit (N als mg N für 10 Blätter)	ungeimpft	0,97	0,22	0,28	0,29	1,25	0,51	—	—
		geimpft	1,22	1,16	0,65	0,72	1,87	1,88	—	—
		ungeimpft	2,00	1,30	0,60	1,13	2,60	2,43	92,5	92,8
		geimpft	5,79	18,26	5,03	19,51	10,82	37,77	81,3	26,7
8,5	Blatt- einheit (N als mg N für 10 Blätter)	ungeimpft	1,30	0,80	0,39	0,70	1,69	1,50	—	—
		geimpft	2,40	1,88	2,08	1,96	4,48	3,84	—	—

tritricina Rasse 14 (= Infektionstypus IV) Verwendung. Die Aussaat erfolgte am 1. September, die Impfung am 13. September 1933. Die infizierten Blätter zeigten vom 22 (10) Tage an starken Pustelausbruch. Nach 32 (20) Tagen machten sich an den geimpften Blättern, vor allem bei geringem N-Gehalt des Bodens Welke- und Absterbeerscheinungen geltend; nach 41 (29) Tagen waren die geimpften Blätter schon weit-

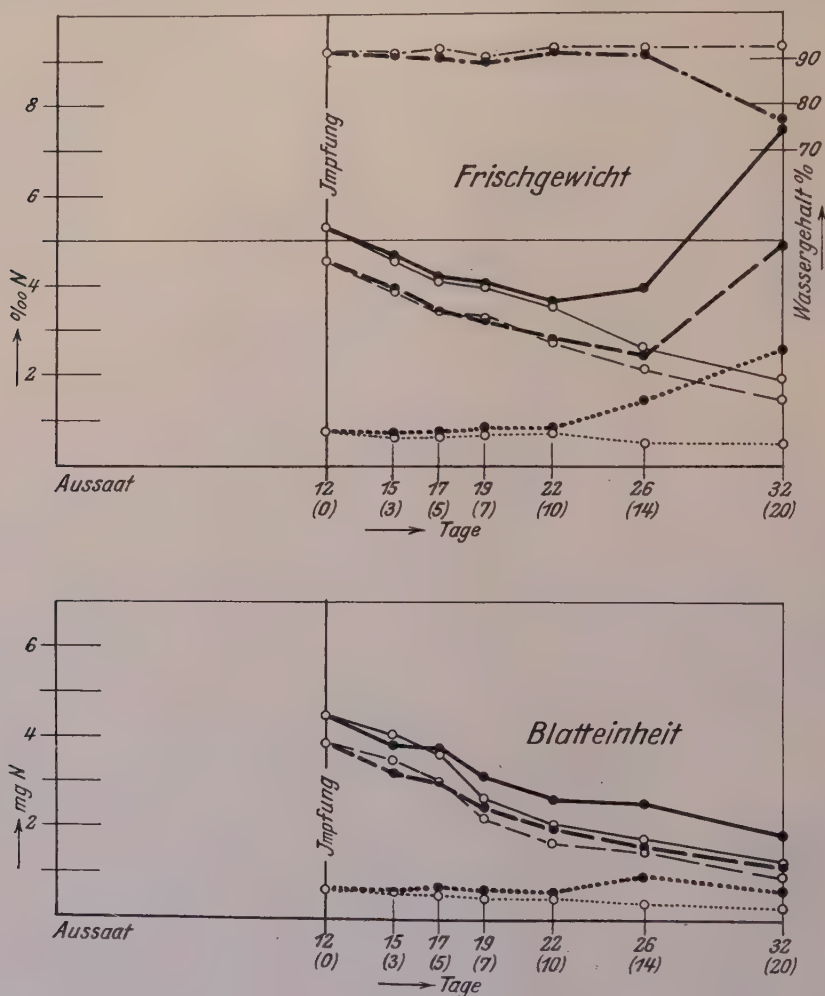


Abb. 5.

Vergleich des N-Haushaltes von Weizenblättern, ungeimpft und nach Impfung mit Braunrostrasse 14 = Infektionstypus IV. (Versuchsreihe 8.)

N-Düngung: 0,85 mg je Pflanze.

Weizensorte: Strubes Roter Schlanstedter Sommerweizen.

Versuchsbeginn: 1. September 1933.

Versuchseinzelheiten siehe Text.

Zeichenerklärung siehe Abb. 1 (S. 538).

gehend vertrocknet, während die ungeimpften wohl stark vergilbt, aber immerhin noch leidlich turgescent schienen.

Die Ergebnisse der Versuche sind in Abb. 5 und 6 graphisch dargestellt. Das starke Sinken des Wassergehaltes der geimpften Blätter nach 41 (29) Tagen bewirkt außerordentlich hohe N-Werte für Frischgewicht, die graphisch nicht mehr dargestellt werden konnten; die Ablesungswerte nach 41 (29) Tagen sind deshalb vorstehend (S. 545) tabellarisch wiedergegeben.

In der vorstehenden Abbildung 5 sind die mit mäßigen N-Gaben (0,85 mg N je Pflanze) erhaltenen Ergebnisse zusammengestellt. Die absoluten N-Werte (mg N für 10 Pflanzen, untere Hälfte von Abb. 5) liegen verhältnismäßig tief, jedoch ist der Einfluß der Infektion unverkennbar. Bei den ungeimpften Blättern fallen alle N-Werte mit zunehmender Versuchsdauer gleichmäßig ab; bei den geimpften ist der Abfall der Eiweißwerte vom 19 (7) Tage ab etwas weniger stark, während die Werte für löslichen N deutlich über ungeimpft liegen und vor allem zwischen dem 22 (10) und 26 (14) Tage einen wesentlichen Anstieg erfahren. Die Werte für Gesamt-N (geimpfte Blätter) zeigen entsprechend dem Verhalten von Eiweiß-N und löslichem N einen weit geringeren Abfall als bei ungeimpft, sodaß nach 32 (20) Tagen die Werte für Gesamt-N das 1,5fache der Werte für ungeimpft betragen (Eiweiß-N entsprechend das 1,3fache, löslicher N das 2,3fache).

Die N-Bilanz nach 41 (29) Tagen ist in der vorstehenden Tabelle 10 enthalten; um den unmittelbaren Anschluß an die in Abb. 5 und 6 graphisch dargestellten Werte zu ermöglichen, sind die nach 32 (20) Tagen schon graphisch wiedergegebenen Werte nochmals mit aufgenommen. Nach Tabelle 10 zeigen Eiweiß-N und Gesamt-N der ungeimpften Blätter (absolut, mg N für 10 Blätter) einen weiteren starken Abfall, während der lösliche N konstant bleibt. Bei den geimpften Blättern bleiben alle N-Werte in Vergleich zu 32 (20) Tagen unverändert. Dementsprechend betragen die Werte für Gesamt-N am Versuchsschluß (41 [29] Tage) nunmehr das 3,7fache der Werte für ungeimpft (Eiweiß-N entsprechend das 5,3fache, löslicher N das 2,5fache).

In den auf Frischgewicht bezogenen Werten ($\frac{0}{00}$ N, oberer Teil von Abb. 5 und Tabelle 10) haben wir bis 22 (10) Tagen Übereinstimmung im Eiweiß-N geimpfter und ungeimpfter Blätter, während der lösliche N und damit auch der Gesamt-N „geimpft“ etwas höher verlaufen; dann gehen die Kurven auseinander: der Eiweiß-N der geimpften Blätter fällt etwas schwächer ab, der lösliche N steigt an, der Gesamt-N entsprechend ebenfalls. Nach 32 (20) Tagen haben wir wegen des sinkenden Wassergehaltes einen starken Anstieg aller N-Werte, der sich mit weiterer Abnahme des Wassergehaltes (Tabelle 10) verstärkt fortsetzt.

Die relativen Eiweißwerte (Eiweiß-N: löslichem N, Tabelle 11) zeigen bei den geimpften Blättern wegen des hier höheren Gehaltes an löslichem N ausnahmslos tiefere Werte als bei ungeimpft; nur in der letzten Bestimmung liegt wie in den früheren Versuchen mit *Puccinia triticina* wieder ein höherer Wert vor, weil der Eiweißgehalt der ge-

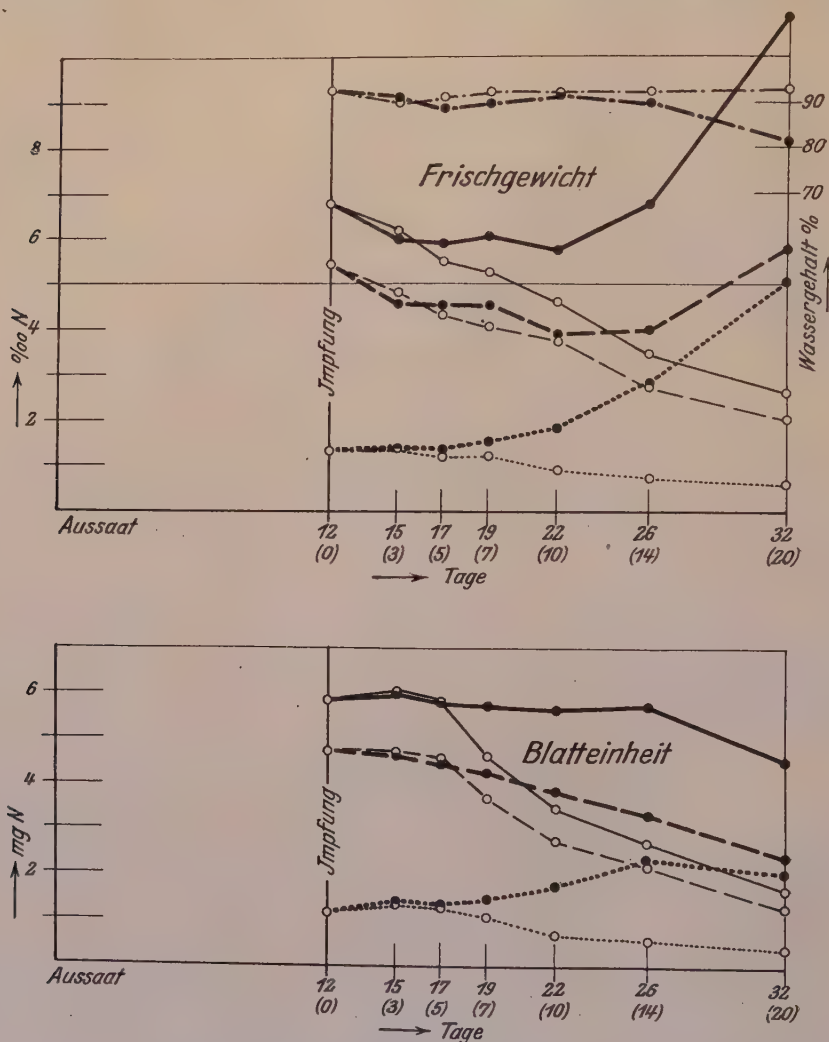


Abb. 6.

Vergleich des N-Haushaltes von Weizenblättern, ungeimpft und nach Impfung mit Braunrostrasse 14 = Infektionstypus IV. (Versuchsreihe 8.)

N-Düngung: 8,5 mg je Pflanze.

Weizensorte: Strub es Roter Schlanstedter Sommerweizen.

Versuchsbeginn: 1. September 1933.

Versuchseinzelheiten siehe Text.

Zeichenerklärung siehe Abb. 1 (S. 538)

impften Blätter konstant bleibt, derjenige der ungeimpften aber weiter abfällt.

Die in gleicher Weise und gleichzeitig, aber mit hohen N-Gaben (8,5 mg je Pflanze) durchgeführten Versuche (Abb. 6 und Tabelle 10) zeigen prinzipiell den gleichen Verlauf sämtlicher N-Kurven; nur liegen alle N-Werte ganz wesentlich höher, auch machen sich die Unterschiede zwischen geimpft und ungeimpft weit deutlicher bemerkbar.

Absolut (mg N für 10 Pflanzen, Abb. 6 unterer Teil, Tabelle 10 untere Hälfte) zeigen alle N-Werte bis zum 17 (5) Tage gleichen Verlauf; dann gehen die Kurven wieder auseinander. Der Eiweiß-N der geimpften Blätter fällt wesentlich schwächer ab, der lösliche N steigt gleichzeitig stark an, sodaß der Gesamt-N (geimpft) bis zum 26 (14) Tage konstante Werte und dann nur einen langsamen Abfall zeigt. Die am Schluß des Versuches vorliegenden N-Werte zeigen deshalb ausnahmslos ein Mehrfaches der Werte für ungeimpft.

Die Kurven der auf Frischgewicht bezogenen Werte ($\frac{0}{100}$ N) zeigen die Wirkungen der Infektion noch deutlicher, weil hier zu den absoluten Unterschieden des N-Gehaltes noch die Wirkung des sinkenden Wassergehaltes kommt. Während die N-Werte für ungeimpft von Versuchsbeginn bis Versuchsschluß abfallen, haben wir bei den Werten geimpfter Blätter bereits vom 17 (5) Tage an eine immer stärker werdende steigende Tendenz, die in ihren Ausmaßen vor allem auf den stark sinkenden Wassergehalt der geimpften Blätter zurückzuführen ist.

Tabelle 11.

Relative Eiweißwerte (Eiweiß-N : löslichem N) ungeimpfter und geimpfter Weizenblätter bei verschiedener N-Ernährung der Pflanzen.
(Versuchsreihe 8).

Versuchsunterlagen siehe Abb. 5 und 6, sowie Tabelle 10.

N je Pflanze mg	Impfung	Relative Eiweißwerte nach Tagen							
		12 (0)	15 (3)	17 (5)	19 (7)	22 (10)	26 (14)	32 (20)	41 (29)
0,85	Ungeimpft . . .	6,04	6,13	5,57	4,87	3,87	4,24	3,32	0,77
	Geimpft	—	5,39	4,37	3,86	3,21	1,71	1,88	1,61
8,5	Ungeimpft . . .	4,13	3,51	3,60	3,43	4,22	3,90	3,34	1,15
	Geimpft	—	3,29	3,33	2,94	2,15	1,41	1,15	0,94

Die relativen Eiweißwerte (Tabelle 11) liegen bei hoher N-Ernährung (8,5 mg N je Pflanze) überall, also sowohl bei ungeimpft wie bei geimpft, unter den entsprechenden Werten bei geringen N-Gaben (0,85 mg). Die geimpften Blätter zeigen auch bei 8,5 mg N wieder deutlich geringere relative Eiweißwerte als die ungeimpften, sodaß die relativen

Eiweißwerte geimpfter und ungeimpfter Blätter trotz der in der Höhe der Werte vorliegenden Unterschiede doch den gleichen Gesetzmäßigkeiten folgen.

Das Gleiche gilt auch, wenn wir nunmehr abschließend nochmals die in den Abbildungen 5 und 6 sowie in Tabelle 10 enthaltenen Versuchsergebnisse bei verschiedener N-Ernährung vergleichen, auch für die Beeinflussung der N-Werte selbst durch die Rostinfektion.

Nach 32 (20) Tagen haben die geimpften Blätter als Vielfaches der ungeimpften Blätter

	Bezogen auf Frisch- gewicht ($\frac{0}{00}$ N)		Bezogen auf Blatt- einheit (mg N)	
	bei 0,85 mg N	bei 8,5 mg N	bei 0,85 mg N	bei 8,5 mg N
Eiweiß-N . .	das 3,3 fache	das 2,9 fache	das 1,3 fache	das 1,8 fache
Löslicher N .	das 5,8 fache	das 8,4 fache	das 2,3 fache	das 5,3 fache
Gesamt-N . .	das 3,9 fache	das 4,2 fache	das 1,5 fache	das 2,6 fache

Nach 41 (29) Tagen entsprechend:

	Bezogen auf Frisch- gewicht ($\frac{0}{00}$ N)		Bezogen auf Blatt- einheit (mg N)	
	bei 0,85 mg N	bei 8,5 mg N	bei 0,85 mg N	bei 8,5 mg N
Eiweiß-N . .	das 25,3 fache	das 14,1 fache	das 5,3 fache	das 2,4 fache
Löslicher N .	das 12,1 fache	das 17,3 fache	das 2,5 fache	das 2,8 fache
Gesamt-N . .	das 17,8 fache	das 15,5 fache	das 3,7 fache	das 2,6 fache

Die Übereinstimmung erscheint ausreichend, wenn wir bedenken, daß wir bei der vorgenommenen Berechnung jeweils auf 2 Analysen fußen, sodaß sich unvermeidliche Analysenfehler addieren können, und wenn wir weiter vor allem berücksichtigen, daß wir wohl stets gleich alte Blätter, aber nicht Blätter gleichen physiologischen Entwicklungsstadiums in Vergleich gesetzt haben; denn die Stoffentleerung alternder Blätter ist gleichzeitig eine Funktion der N-Ernährung der Pflanzen, und diese ist verschieden gehalten.

b. Versuche mit *Puccinia glumarum* (Versuchsreihe 9).

Versuchspflanze war Heines Kolben Sommer-Weizen; zur Impfung wurden 2 Gelbrostrassen benutzt: Rasse 5 = Infektionstypus 0 und Rasse 19 = Infektionstypus III. Als Nährstoffe waren gegeben: K (als KCl) 7,8 mg, P (als Na_2HPO_4) 2,1 mg und N (als $\text{Ca}[\text{NO}_3]_2$) 0 bzw. 4,2 bzw. 21 mg je Pflanze. Die Versuche kamen im Winter 1933/34, also wieder nicht

bei optimalen Lichtverhältnissen zur Durchführung, was bei der Beurteilung der Versuchsergebnisse zu berücksichtigen ist. Die Aussaat erfolgte am 31. Januar, die Impfung am 10. Februar 1934.

Die mit Gelbrostrasse 5 (= Infektionstypus 0) durchgeführten Versuche sind in den folgenden Abb. 7—9 zur Darstellung gebracht. In Übereinstimmung mit den früheren Feststellungen ergibt sich auch

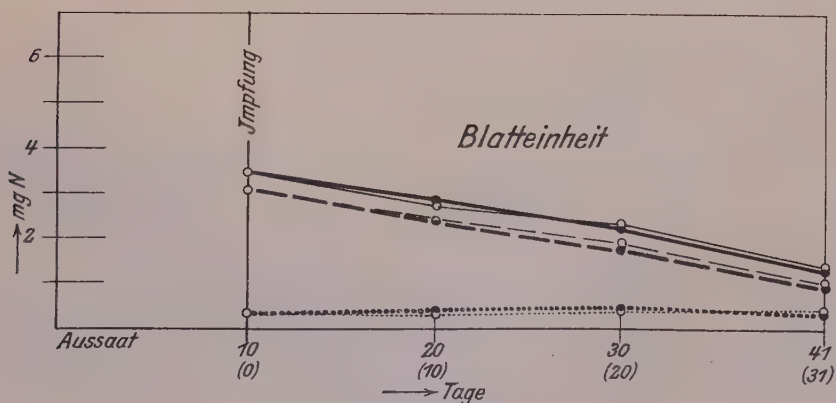
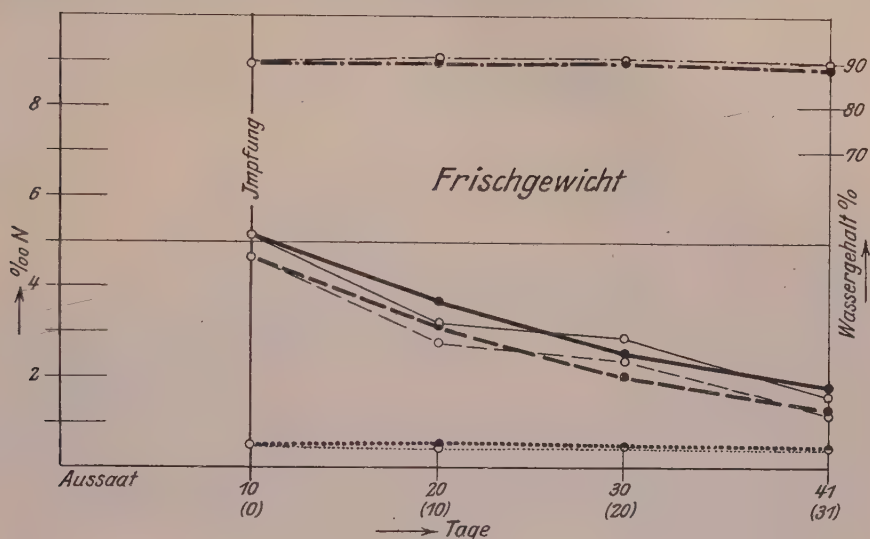


Abb. 7.

Vergleich des N-Haushaltes von Weizenblättern,
ungeimpft und nach Impfung mit Gelbrostrasse 5 = Infektionstypus 0.
(Versuchsreihe 9.)

Weizensorte: Heines Kolben Sommerweizen.

N-Düngung: 0 mg N je Pflanze.

Versuchsbeginn: 31. Januar 1934.

Versuchseinzelheiten siehe Text.

Zeichenerklärung siehe Abb. 1 (S. 538).

hier wieder, daß der N-Gehalt der geimpften Blätter durch den Infektionstypus 0, also bei Vorliegen chlorotisch-nekrotischer Verfärbungen ohne Pustelbildung, nicht beeinflußt wird; denn die N-Werte geimpfter Blätter folgen weitgehend denjenigen der ungeimpften Kontrollblätter. Der Kurvenverlauf wird also ausschließlich durch die Düngung bestimmt, so daß wir hier nur den Einfluß dieses Faktors zu besprechen brauchen. Die absoluten N-Werte (mg N für 10 Pflanzen, unterer Teil der Abb.

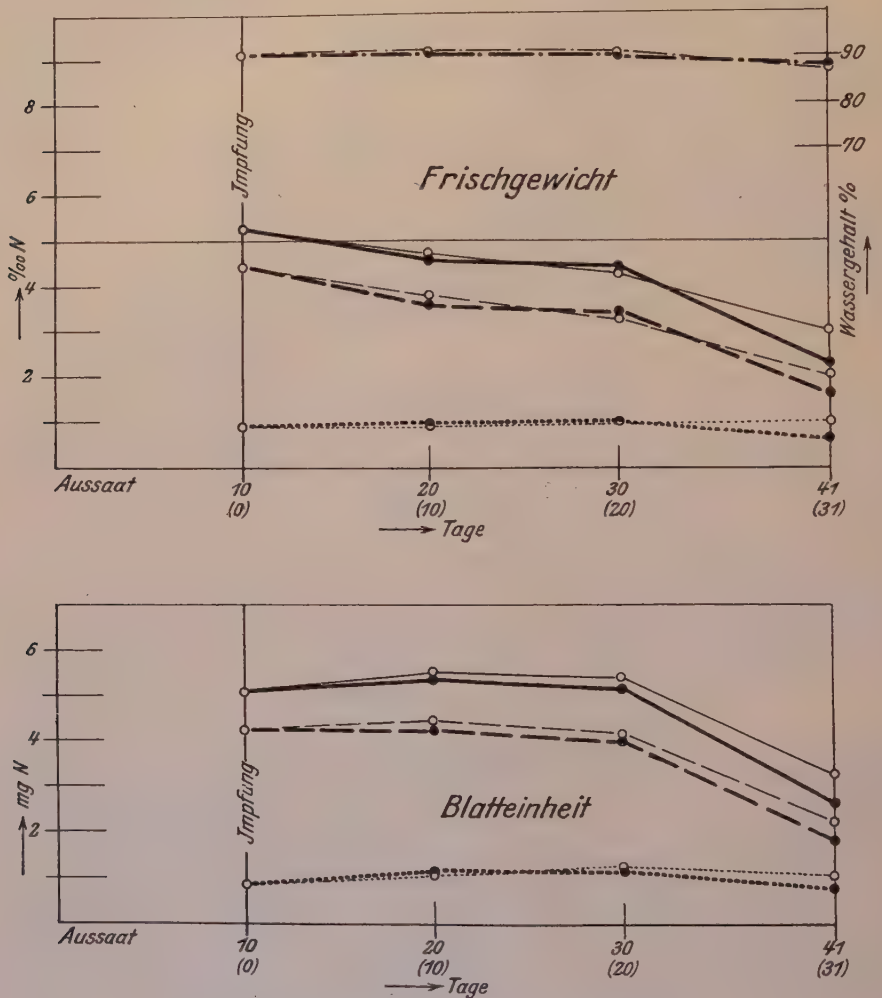


Abb. 8.

Vergleich des N-Haushaltes von Weizenblättern,
ungeimpft und nach Impfung mit Gelbrostrasse 5 = Infektionstypus 0.
(Versuchsreihe 9.)

Weizensorte: Heines Kolben Sommerweizen.

N-Düngung: 4,2 mg N je Pflanze.

Versuchseinzelheiten siehe Abb. 7 und Text.

Zeichenerklärung siehe Abb. 1 (S. 538).

7—9) zeigen von Anfang an den Einfluß der verschiedenen N-Ernährung; mit zunehmender Versuchsdauer werden die Unterschiede noch deutlicher, da die N-Entleerung der Blätter um so eher einsetzt, je weniger N geboten ist; die Werte für Eiweiß-N fallen bei N-Mangel schon von 10 Tagen an ab. Bei 4,2 mg N je Pflanze haben wir bis zum 20. Tage noch einen schwachen Anstieg, dann zuerst einen kaum merklichen, nach 30 Tagen einen starken Abfall. Bei 21 mg N je Pflanze ist der Kurvenverlauf

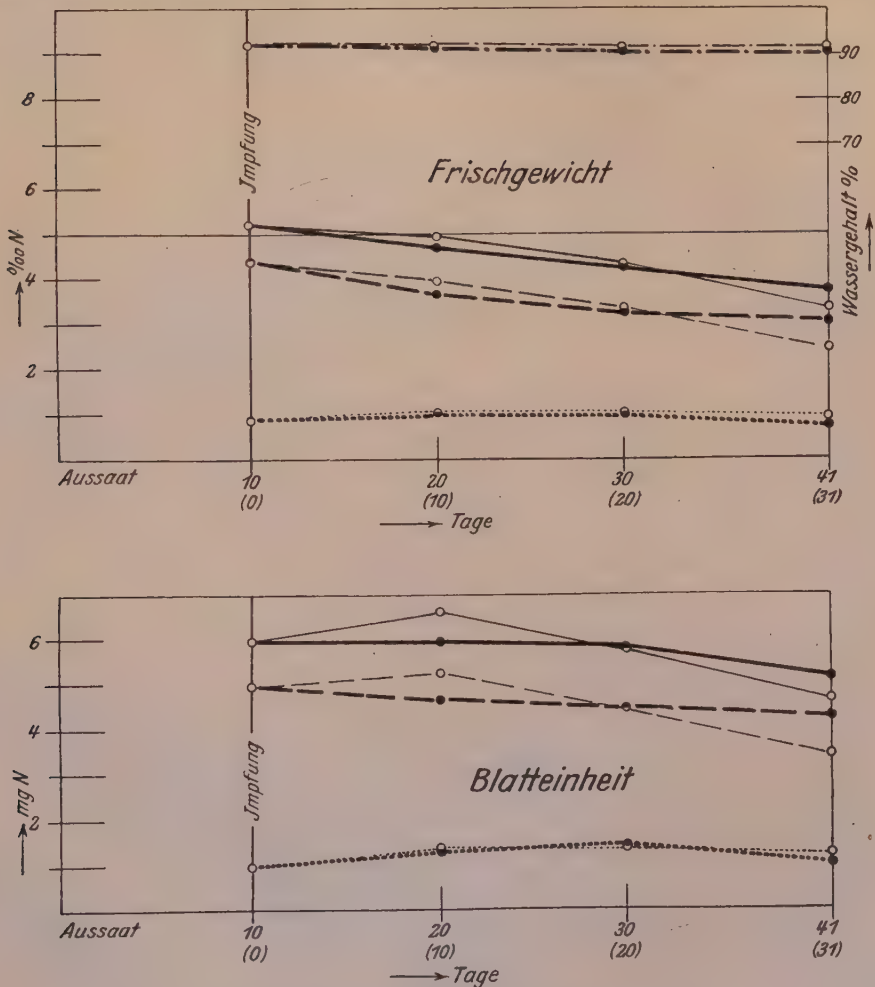


Abb. 9.

Vergleich des N-Haushaltes von Weizenblättern,
ungeimpft und nach Impfung mit Gelbrostrasse 5 = Infektionstypus 0.
(Versuchsreihe 9.)

Weizensorte: Heines Kolben Sommerweizen.

N-Düngung: 21 mg N je Pflanze.

Versuchseinzelheiten siehe Abb. 7 und Text.

Zeichenerklärung siehe Abb. 1 (S. 538).

ähnlich, nur liegen alle Werte höher, und der Abfall nach 30 Tagen ist schwächer.

Bei den auf Frischgewicht bezogenen Werten ($\frac{0}{00}$ N) fällt auf, daß am ersten Analysentage keine wesentlichen Unterschiede der N-Werte der bei verschiedenen N-Gaben angezogenen Blätter vorliegen; erst bei den späteren Ablesungen tritt die Wirkung der N-Düngung zutage. Mit

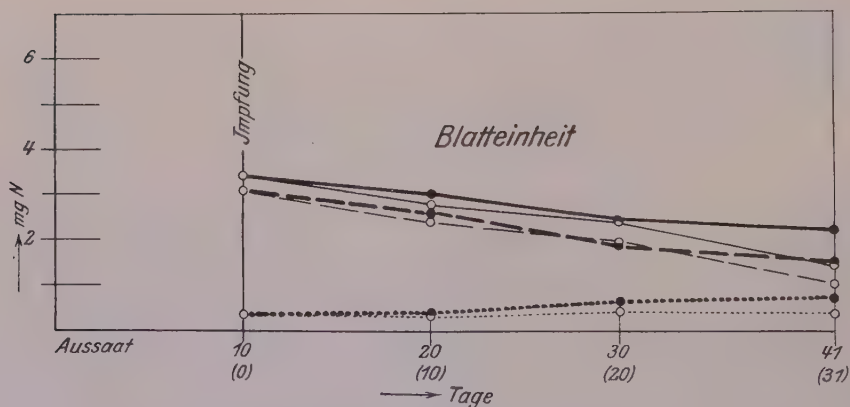
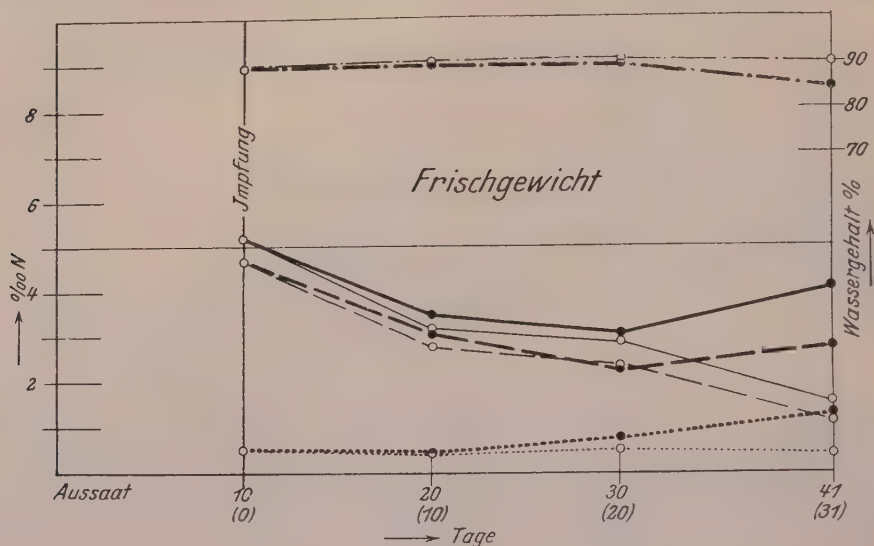


Abb. 10.

Vergleich des N-Haushaltes von Weizenblättern,
ungeimpft und nach Impfung mit Gelbrostrasse 19 = Infektionstypus III.
(Versuchsreihe 9.)

Weizensorte: Heines Kolben Sommerweizen.

N-Düngung: 0 mg N je Pflanze.

Versuchseinzelheiten siehe Abb. 7 und Text.

Zeichenerklärung siehe Abb. 1 (S. 538).

zunehmendem Blattalter fallen die N-Werte um so langsamer und um so schwächer ab, liegen also um so höher, je mehr Stickstoff geboten wird.

Die Abbildungen 10—12 enthalten die N-Bilanz der Blätter verschieden gedüngter Pflanzen nach Impfung mit Gelbrostrasse 19 = Infektionstypus III. Die durchschnittliche Höhe der absoluten N-Werte (mg N für 10 Blätter, unterer Teil von Abbildung 10—12) entspricht den jeweils gebotenen N-Gaben. Der Hauptunterschied zwischen

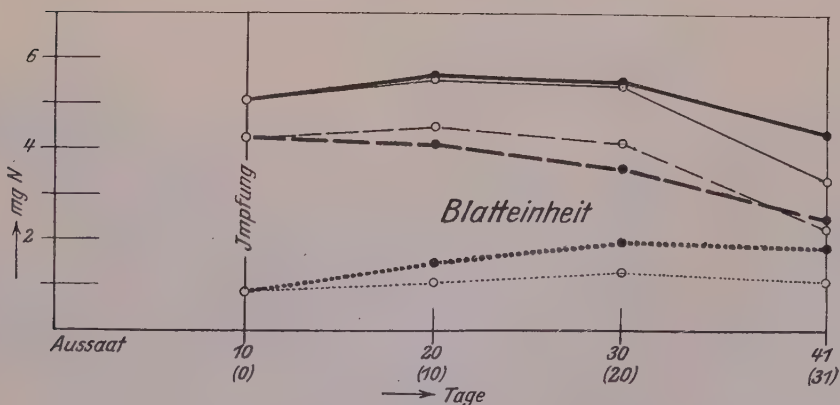
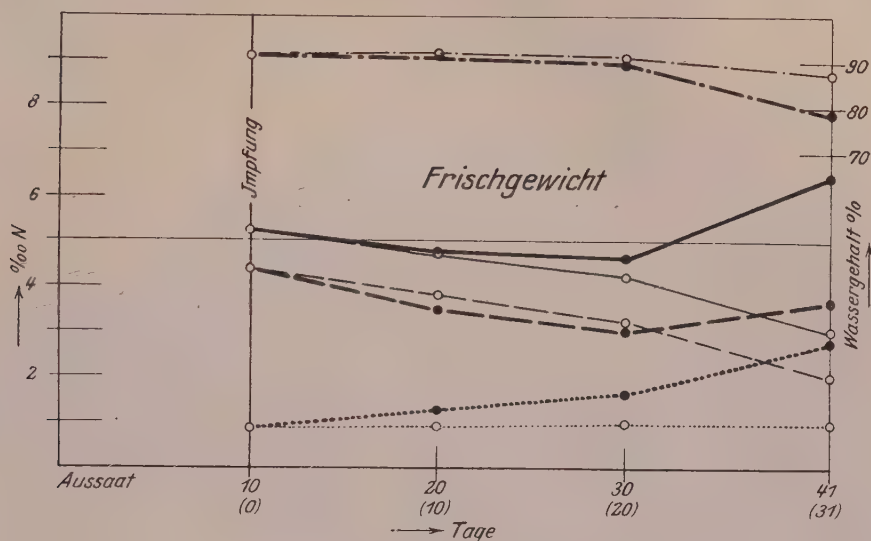


Abb. 11.

Vergleich des N-Haushaltes von Weizenblättern,
ungeimpft und nach Impfung mit Gelbrostrasse 19 = Infektionstypus III.
(Versuchsreihe 9.)

Weizensorte: Heines Kolben Sommerweizen.

N-Düngung: 4,2 mg N je Pflanze.

Versuchseinzelheiten siehe Abb. 7 und Text.

Zeichenerklärung siehe Abb. 1 (S. 538).

geimpft und ungeimpft liegt wieder in dem deutlichen Anstieg des löslichen N bei geimpft. Der Eiweiß-N zeigt hier bis zum 30 (20) Tage im allgemeinen etwas tiefere Werte als „ungeimpft“; nach 41 (31) Tagen haben wir jedoch bei den geimpften Blättern etwas höhere Werte. Für den Gesamt-N ist wieder das Verhalten des löslichen N ausschlaggebend; die in den geimpften Blättern ansteigende Kurve des löslichen N bewirkt,

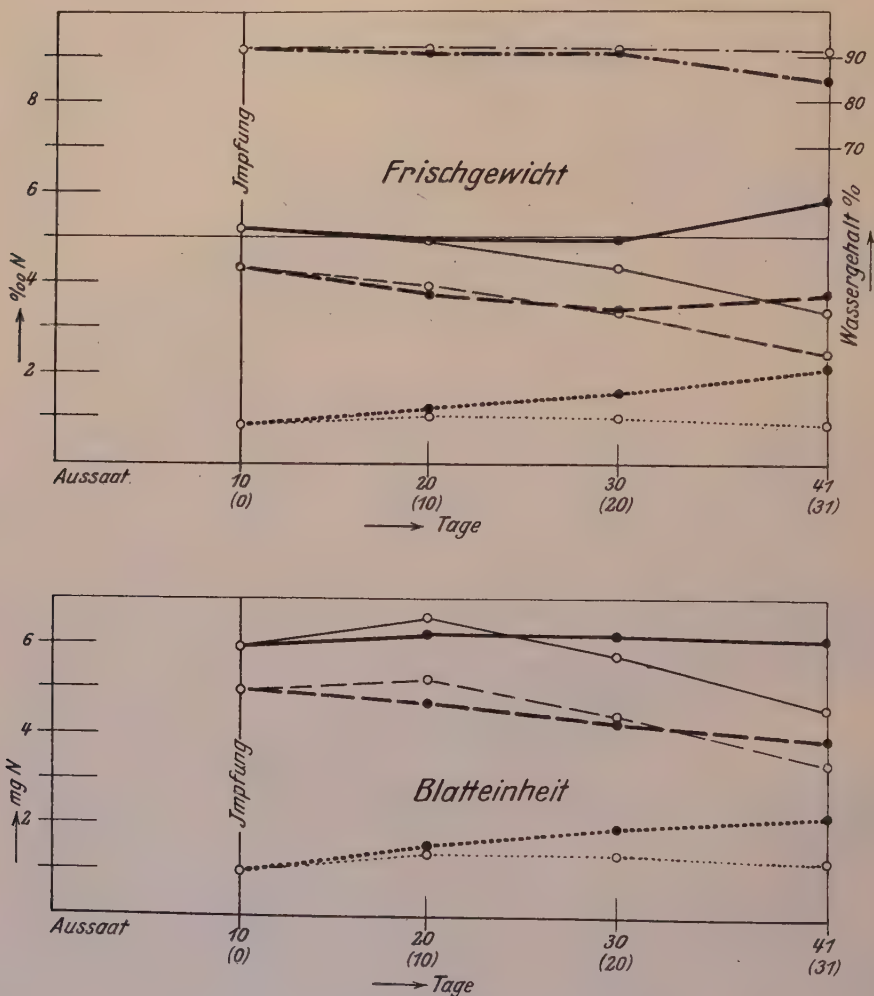


Abb. 12.

Vergleich des N-Haushaltes von Weizenblättern,
ungeimpft und nach Impfung mit Gelbrostrasse 19 = Infektionstypus III.
(Versuchsreihe 9.)

Weizensorte: Heines Kolben Sommerweizen.

N-Düngung: 21 mg N je Pflanze.

Versuchseinzelheiten siehe Abb. 7 und Text.

Zeichenerklärung siehe Abb. 1 (S. 538).

daß der Gesamt-N mit zunehmendem Blattalter weniger stark abfällt oder sogar bei 21 mg N je Pflanze einen gewissen Anstieg erkennen läßt.

Wesentlich deutlicher sind die Unterschiede zwischen geimpft und ungeimpft in den auf Frischgewicht bezogenen N-Werten ($\frac{0}{100}$ N). Der Anstieg des löslichen N bei „geimpft“ ist auffallender; der Eiweiß-N bleibt bis zu 30 (20) Tagen zwischen geimpft und ungeimpft gleich, um dann bei den geimpften Blättern nicht weiter abzufallen, sondern anzu- steigen. So resultiert für den Gesamt-N eine Kurve, die bei allen N-Düngungen vom 30 (20) Tage an deutlich ansteigt.

Im folgenden wollen wir wieder noch die am Versuchsschluß vor- liegende Erhöhung der N-Bilanz geimpfter Blätter auf die gleich = 1 gesetzten Werte ungeimpfter Blätter beziehen. Nach 41 (31) Tagen haben wir dann in x-fachem der Werte für ungeimpft:

	Bezogen auf Frischgewicht ($\frac{0}{100}$ N)			Bezogen auf Blatteinheit (mg N)		
	bei — N	4,2 mg N	bei 21 mg N	bei — N	bei 4,2 mg N	bei 21 mg N
Eiweiß-N .	das 2,5 fache	das 1,8 fache	das 1,5 fache	das 1,5 fache	das 1,1 fache	das 1,1 fache
Löslicher N .	das 3,0 fache	das 2,8 fache	das 2,3 fache	das 1,8 fache	das 1,7 fache	das 1,8 fache
Gesamt-N .	das 2,6 fache	das 2,1 fache	das 1,7 fache	das 1,6 fache	das 1,3 fache	das 1,3 fache

Die Werte gleiten also mit steigenden N-Gaben schwach ab; jedoch dürfen wir daraus nicht annehmen, daß der Rostpilz bei besserer N-Ernährung der Pflanzen einen geringeren Einfluß ausübt. Vielmehr sind die Blätter der N-Mangelpflanzen physiologisch älter, müssen also größere Unterschiede aufweisen als die besser mit Stickstoff versorgten Blätter.

Vergleichen wir schließlich die vorstehenden Zahlen mit den ent- sprechenden Werten der Versuchsreihe 8 (S. 550), in welcher wir ebenfalls die N-Ernährung variiert, aber *Puccinia triticina* benutzt haben, so haben wir bei den Braunrostversuchen eine stärkere Steigerung. Das kann verschiedene Gründe haben. Höhere Infektionstypen üben nach den frü- heren Feststellungen stärkere Wirkungen aus. In Versuchsreihe 8 ist Typus IV, hier aber Typus III geprüft. Es kann aber auch sein, daß die Beeinflussung des N-Haushaltes durch Braunrost überhaupt eine kräftigere ist als durch Gelbrost.

7. Besprechung der Ergebnisse und das Problem der Teleutosporenbildung.

Die Wirkungen der Rostinfektion auf den N-Haushalt von Getreide- blättern lassen sich nur durch einen Vergleich gesunder und rostiger Blätter erfassen. Dieser Weg ist in den vorstehenden Versuchen be- schritten; es hat sich dabei ergeben, daß bei den niedrigen Infektionsty- pen i und 0 keine Wirkungen der Infektion auf die Höhe der absoluten N-Mengen und auf das Verhältnis von Eiweiß-N : löslichem N vorliegen.

Bei dem als gering bis mittel zu bewertenden Infektionstypus II sind bereits Verschiebungen festzustellen; wirklich deutlich und auffallend wird die Beeinflussung des Stickstoffhaushaltes aber erst, wenn die geimpften Blätter höheren Infektionstypus, also mindestens den Typus III, möglichst den Typus IV aufweisen. Für die folgenden allgemeinen und grundsätzlichen Ausführungen wollen wir deshalb nur die mit hohen Infektionstypen erhaltenen Ergebnisse zu Grunde legen.

Wie schon gesagt, können wir die Wirkung des Rostpilzes nur durch einen Vergleich des N-Haushaltes gesunder und rostiger Blätter feststellen. Wir müssen also von dem normalen N-Haushalt der gesunden Blätter ausgehen. Alle hier mitgeteilten Versuchsreihen stimmen dahin überein, daß gesunde Weizenblätter — es handelt sich hier stets um das erste Blatt der Pflanzen — im Laufe ihrer Entwicklung nach dem Erreichen eines maximalen N-Gehaltes ein Sinken der N-Werte, also eine Abwanderung der N-haltigen Substanzen erkennen lassen, so daß die nach längerer Versuchsdauer vorliegenden N-Werte schließlich nur noch einen kleinen Bruchteil der Anfangswerte darstellen. Übereinstimmend wurde weiter gefunden, daß die N-Verluste ganz oder überwiegend den Eiweiß-N betreffen, während der lösliche Stickstoff oft keine oder doch nur verhältnismäßig schwache Herabsetzungen erfährt. Die Geschwindigkeit und Intensität, mit welcher sich das Absinken des N-Gehaltes in alternenden Blättern vollzieht, hängt, abgesehen von Sorteneigentümlichkeiten, zu deren Einzelbeurteilung aber das Versuchsmaterial unzureichend ist, vor allem von der N-Ernährung, daneben aber auch von sonstigen Versuchsbedingungen wie Temperatur und Lichtverhältnissen ab. Bei N-Mangel setzt die N-Abwanderung aus den Blättern weit früher und stärker ein als bei reichlicher Stickstoffernährung, wo die N-Werte längere Zeit konstant bleiben können. Daraus hatten wir bereits gefolgert, daß gleich alte Blätter bei Unterschieden der N-Ernährung physiologisch verschieden beurteilt werden müssen.

In Tabelle 12 ist das Absinken des N-Gehaltes ungeimpfter und geimpfter Blätter durch Gegenüberstellung der Anfangs- und Schlußwerte nochmals übersichtlich dargestellt und auch prozentual berechnet. Wir haben uns dabei auf den Gesamt-N und auf die absoluten N-Werte (N als mg N für 10 Blätter) beschränken müssen, letzteres, weil die auf Frischgewicht bezogenen Werte wegen der durch Schwankungen des Wassergehaltes bedingten Verschiebungen für eine eindeutige Beurteilung der effektiven N-Bilanz ungeeignet sind.

Die Tabelle 12 enthält in ihrer rechten Hälfte die entsprechende Gegenüberstellung der Anfangs- und Schluß-N-Werte bei geimpften Blättern, wobei die Versuche mit *Puccinia triticina* von denjenigen mit *Puccinia glumarum* getrennt wurden. Auch bei rostigen Blättern kommt es im allgemeinen zu einem Abfall des Gesamt-N mit vorschreitendem Alter;

Tabelle 12.
N-Gehalt (Gesamt-N, N als mg N für 10 Blätter) von Weizenblättern (ungeimpft und geimpft),
am Versuchsbeginn (10—16 Tage) und am Versuchsschluß (29—47 Tage nach Aussaat).

Versuchsreihe	Versuchsbeginn	Weizensorte	N-Düngung (mg N je Pflanze)	Ungeimpft				Geimpft (nur hohe Infektionstypen)					
				N-Gehalt (Beginn)	N-Gehalt (Versuchsschluß)			Rostart	Infek- tions- Typus	N-Gehalt (Versuchsschluß)			
					mg N (10 Blätter)	Tage	mg N (10 Blätter)			relativ zu Werten bei Beginn	Tage	mg N (10 Blätter)	
													relativ zu Werten bei Beginn
1	13 April 1933	Strubus Dickkopf	0,6	15	4,52	32	0,79	$\frac{17,5}{100}$	<i>Puccinia triticina</i>	IV	32	2,75	$\frac{60,9}{100}$
2	22. Mai 1933	Strubus Dickkopf	0,6	16	2,96	31	0,62	$\frac{20,9}{100}$	<i>Puccinia triticina</i>	IV	31	1,94	$\frac{65,7}{100}$
3	29. Mai 1933	Malakoff	0,6	15	3,14	31	1,23	$\frac{39,2}{100}$	<i>Puccinia triticina</i>	—	—	—	—
4	1. Juni 1933	Malakoff	0,6	14	2,97	29	1,47	$\frac{49,5}{100}$	<i>Puccinia triticina</i>	—	—	—	—
8	1. September 1933	Strubus Roter Schlanstedter	0,85	12	4,50	41	0,51	$\frac{11,3}{100}$	<i>Puccinia triticina</i>	IV	41	1,88	$\frac{41,9}{100}$
8	1. September 1933	Strubus Roter Schlanstedter	8,5	12	5,82	41	1,50	$\frac{25,8}{100}$	<i>Puccinia triticina</i>	IV	41	3,84	$\frac{65,8}{100}$
5	29. März 1934	Heines Kolben	4,2	12	7,26	32	3,98	$\frac{54,8}{100}$	<i>Puccinia glumarum</i>	IV	32	5,21	$\frac{71,8}{100}$
6	17 November 1933	Strubus Dickkopf	3,1	15	4,47	47	2,22	$\frac{47,3}{100}$	<i>Puccinia glumarum</i>	III-IV	47	3,54	$\frac{79,2}{100}$
7	29. Dezember 1933	Holzapfels Früh	3,1	12	4,44	42	1,20	$\frac{27,1}{100}$	<i>Puccinia glumarum</i>	IV	42	2,70	$\frac{60,9}{100}$
9	31. Januar 1934	Heines Kolben	0	10	5,43	41	1,41	$\frac{41,2}{100}$	<i>Puccinia glumarum</i>	III	41	2,22	$\frac{64,8}{100}$
9	31. Januar 1934	Heines Kolben	4,2	10	5,08	41	3,29	$\frac{64,8}{100}$	<i>Puccinia glumarum</i>	III	41	4,32	$\frac{85,2}{100}$
9	31. Januar 1934	Heines Kolben	21,0	10	5,94	41	4,62	$\frac{77,8}{100}$	<i>Puccinia glumarum</i>	III	41	6,10	$\frac{103}{100}$

jedoch ist der Abfall stets weit weniger stark als bei ungeimpften Blättern, in einem Fall (N-Überdüngung) fehlt er sogar noch völlig. Das geringere Absinken der N-Werte geimpfter Blätter erklärt sich zum kleineren Teil dadurch, daß der Eiweiß-N etwas weniger abnimmt als bei ungeimpften Blättern, zum weitaus größeren Teil aber dadurch, daß der lösliche N nicht wie bei ungeimpft annähernd konstant bleibt, sondern einen oft überraschend hohen Anstieg erfährt.

Das starke Absinken der N-Werte ungeimpfter Blätter und der geringere Abfall des Gesamt-N geimpfter Blätter bedeutet eine relative Steigerung des Stickstoffgehaltes der letzteren. Wenn wir aus Tabelle 12 die nach Impfung mit den beiden zu den Untersuchungen herangezogenen Rostarten erhaltenen Werte getrennt berechnen, so bedeutet die Infektion mit Braunrost eine durchschnittliche Erhöhung des Gesamt-N auf das 3fache, bei Gelbrost auf das fast 1,5fache gegenüber ungeimpft. Nun sind wohl die Einzelversuche unter sich zu wenig gleichmäßig, als daß wir aus ihnen mit Sicherheit auf grundsätzliche Unterschiede zwischen den beiden Rostarten schließen können. Es scheint jedoch auch durchaus möglich, daß die in den Zahlen 3- und 1,5fach vorliegenden Differenzen nicht zufällige sind. Die Infektionen von *Puccinia triticea* sind lokaler Art, während es sich bei höheren Infektionstypen von Gelbrost stets um Allgemeininfektionen größerer Blattflächen handelt, die den Gesamtstoffwechsel der Blätter andersartig beeinflussen dürften. Vielleicht liegen auch spezifische Eigentümlichkeiten des Pilzmyzels vor; wenigstens hatten wir in den weiter oben erwähnten Sporenanalysen (S. 524) bei *Uredo triticea* einen höheren N-Gehalt ($31,17 \frac{0}{00}$) als bei Uredosporen von *Puccinia glumarum* ($22 \frac{0}{00}$) gefunden.

Auf jeden Fall konnte, und zwar sowohl für *Puccinia triticea* wie für *Puccinia glumarum* mit völliger Sicherheit festgestellt werden, daß der N-Gehalt rostinfizierter Blätter nicht demjenigen ungeimpfter Blätter entspricht, sondern wesentlich höher liegt. Dadurch ist zunächst bewiesen, daß zu derjenigen Zeit, in welcher gesunde Blätter einen typischen Erschöpfungszustand zeigen, in rostigen Blättern noch gewisse und, wie wir noch sehen werden, vom Standpunkt des Rostpilzes aus bedeutende Nährstoffmengen vorhanden sind.

Damit kommen wir zum Ausgangspunkt unserer Untersuchungen, also zu der Frage nach den Ursachen der Teleutosporenbildung zurück. Wir hatten ausgeführt, daß das Aussehen der alternden Blätter zur Zeit der Teleutosporenbildung die Annahme nahelegen mußte, daß hier ein ausgesprochener Nährstoffmangel vorliegt, und daß die Teleutobildung eine Reaktion des Pilzes auf eintretenden Nährstoffmangel ist. Diese Annahme ist, wie wir nunmehr wissen, falsch; wir dürfen nicht

den N-Gehalt ungeimpfter Blätter, der tatsächlich zur Zeit der Teleutobildung schon überaus gering ist, mit dem N-Haushalt infizierter Blätter identifizieren, der anderen Gesetzmäßigkeiten folgt.

In der Tabelle 13 geben wir zunächst nochmals eine Zusammenstellung der am Versuchsschluß vorhandenen N-Mengen ungeimpfter und geimpfter Blätter (nur hohe Infektionstypen) und berechnen das absolute Mehr an N in geimpften Blättern (als mg N für 10 Blätter).

Tabelle 13.
Steigerung der absoluten N-Mengen (Gesamt-N)
in rostinfizierten Blättern.

(N als mg N für je 10 Blätter.)

Versuchsunterlagen siehe Tabelle 12.

Versuchsreihe	N-Düngung (mg N je Pflanze)	Am Versuchsschluß		
		Ungeimpft mg N	Geimpft mg N	Bei geimpft also mehr mg N
1	0,6	0,79	2,75	1,96
2	0,6	0,62	1,94	1,32
8	0,85	0,51	1,88	1,37
8	8,5	1,50	3,84	2,34
5	4,2	3,98	5,21	1,23
6	3,1	2,22	3,54	1,32
7	3,1	1,20	2,70	1,50
9	0	1,41	2,22	0,81
9	4,2	3,29	4,32	1,03
9	21,0	4,62	6,10	1,48
Durchschnitt				1,44

Im Durchschnitt der im einzelnen wegen der Verwendung verschiedener Rostarten, durch Verschiedenheiten der N-Düngung und durch andere Unterschiede in der Versuchsdurchführung, insbesondere ungleiche Versuchsdauer etwas ungleichmäßigen Einzelwerte haben wir in den rostigen Blättern ein Mehr von 1,44 mg N (für 10 Blätter). Dieses Plus dürfen wir auf Grund einer wichtigen Tatsache mit leidlicher Sicherheit als in dem Pilzmyzel vorhanden und lokalisiert ansprechen. Ungeimpfte Blätter zeigen stets konstante oder sogar schwach abnehmende Werte für löslichen N; in geimpften Blättern haben wir aber ebenso regelmäßig einen starken Anstieg des löslichen N. Hierfür gibt es bisher keine andere Deutung als die Annahme, daß es sich bei den hohen Werten für löslichen N um Stickstoffsubstanzen des Pilzmyzels handelt, die dann später, wie die weiter oben (Seite 524) mitgeteilten Sporenanalysen zeigen, zum Aufbau von Pilzeiweiß Verwendung finden.

Was bedeutet nun ein auf die Blatteinheit bezogener Mehrgehalt von 1,44 mg N für das in den Blättern befindliche Rostmycel? Er

bedeutet unzweifelhaft sehr viel, denn das Pilzmycel nimmt quantitativ nur einen Bruchteil des in seiner Gesamtheit analysierten Blattgewebes ein. Eine genaue Feststellung des Verhältnisses von Blattzellen und Pilzmycel ist allerdings kaum möglich; immerhin läßt die mikroskopische Untersuchung von Blattschnitten keinen Zweifel, daß der Anteil des Pilzes am Blattgewebe verhältnismäßig gering ist, denn nur an den Stellen der Rostlager selbst liegen leidlich geschlossene Mycelmassen vor. Wir dürften kaum fehlgehen, wenn wir die Pilzkomponente rostiger Blätter mit höchstens 10% der Blattmasse annehmen. Dann aber bedeutet ein Mehr von 1,44 mg N auf das Gesamtblatt (10 Blätter als Blatteinheit) 14,4 mg N für das in den Blättern enthaltene Pilzgewebe, also einen vielfach höheren N-Gehalt als wir ihn bei Blättern vollen N-Gehaltes antreffen. Ob nun die eben durchgeführte Berechnung im einzelnen richtig ist oder nicht, auf jeden Fall können wir das Eine mit Sicherheit sagen: die Stoffableitungsvorgänge alternder Blätter sind für den in ihnen enthaltenen Rostpilz höchstens von untergeordneter Bedeutung, sie besagen auf keinen Fall etwas über den Ernährungszustand des Pilzmyzels und über die diesem zur Verfügung stehenden Reserven an Nährstoffen. Von einem Erschöpfungszustand des Pilzmyzels in alternden Blättern kann keine Rede sein, alle aus einem tatsächlich vorliegenden Erschöpfungszustand der Blätter auf den Rostpilz gezogenen Schlüsse sind falsch.

Zu einem vollen Verständnis der Ursachen der Teleutosporenbildung genügt nun aber die Feststellung nicht, daß dem Rostpilz auch in vergilbenden Blättern noch ausreichende oder sogar hohe Nährstoffmengen zur Verfügung stehen; es muß noch eines besonderen Anlasses bedürfen, damit die Teleutosporenbildung eingeleitet wird. Dieser Anlaß muß zu derselben Zeit vorliegen, in welcher die Blätter vergilben, denn die Teleutobildung geht den äußeren Vergilbungserscheinungen im allgemeinen parallel.

In dieser Hinsicht geben uns nun die auf Frischgewicht bezogenen N-Werte ($\frac{0}{00}$ N) einen wichtigen und, wie wir glauben, eindeutigen Hinweis. Schon in unseren früheren Untersuchungen (Gaßner und Franke, 6) haben wir betont, daß der auf Frischgewicht bezogene N-Gehalt vom Standpunkt des Rostpilzes aus besonders wichtig ist, weil er am besten die N-Mengen charakterisiert, welche dem Rostpilz in einer bestimmten Blattmasse zur Verfügung stehen; der auf Frischgewicht bezogene N-Gehalt bezeichnet natürlich auch die N-Mengen, die in der Gewichtseinheit des Pilzmyzels vorhanden sind, wenn wir durch Subtraktion der in geimpften und ungeimpften Blättern gefundenen Mengen den auf den Pilz entfallenden Anteil an N berechnen. Hierbei sei nochmals darauf hingewiesen, daß der hohe Anteil des löslichen N eine solche Berechnung gerechtfertigt erscheinen läßt (vergl. S. 561).

Tabelle 14.

Auf Frischgewicht bezogene N-Werte ($\frac{0}{100}N$) und Wassergehalt (%) und ungeimpfter und rostinfizierter Weizenblätter (nur hohe Infektionstypen).

Versuchsunterlagen und Einzelheiten siehe frühere Tabellen und Darstellungen.
N-Werte auf 1 Dezimalstelle, Wassergehaltswerte auf ganze Zahlen abgerundet.

Versuchsreihe	Rostart und Infektions-Typus	N-Düngung mg / Pfl.	N-Werte ($\frac{0}{100}N$), gesund (g): infiziert (i) und Wassergehalt (%; g: i) nach Tagen (nach Impfung).									
			(14) — (15)		(20) — (22)		(25)		(29) — (31)		(36)	
			N	H ₂ O	N	H ₂ O	N	H ₂ O	N	H ₂ O	N	H ₂ O
1	<i>triticea</i> , IV	0,6	g: i —	g: i —	g: i 1,2: 19,8	g: i 91: ?	g: i —	g: i —	g: i —	g: i —	g: i —	g: i —
2	<i>triticea</i> , IV	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	<i>triticea</i> , IV	0,85	2,6: 3,9	92: 91	1,9: 7,4	92: 76	—	—	1,2: 21,8	90: 25	—	—
8	<i>triticea</i> , IV	8,5	3,4: 6,8	92: 90	2,6: 10,8	93: 81	—	—	2,4: 37,8	93: 27	—	—
5	<i>glumarum</i> , IV	4,2	—	—	2,5: 3,4	92: 90	—	—	—	—	—	—
6	<i>glumarum</i> , III-IV	3,1	4,4: 4,8	92: 90	3,3: 4,5	93: 90	3,0: 4,4	92: 90	2,7: 4,8	93: 86	2,4: 5,3	92: 86
7	<i>glumarum</i> , IV	3,1	2,4: 3,1	93: 92	2,0: 2,6	93: 93	—	—	1,0: 3,2	94: 77	—	—
9	<i>glumarum</i> , III	0	—	—	2,9: 3,1	91: 89	—	—	1,6: 4,1	90: 85	—	—
9	<i>glumarum</i> , III	4,2	—	—	4,2: 4,7	91: 90	—	—	3,0: 6,5	87: 78	—	—
9	<i>glumarum</i> , III	21,0	—	—	4,3: 5,0	92: 91	—	—	3,4: 5,8	91: 85	—	—

Wir wenden uns also nunmehr der Einzelbeurteilung der auf Frischgewicht bezogenen N-Werte zu. Zu diesem Zweck geben wir in der vorstehenden Tabelle 14 nochmals die $\frac{0}{00}$ N-Werte für ungeimpft und geimpft (nur hohe Infektionstypen) wieder und fügen zur Erläuterung die entsprechenden Werte des Wassergehaltes bei. Da Änderungen des N-Haushaltes durch den Rostpilz im allgemeinen frühestens etwa 2 Wochen nach erfolgter Impfung deutlich werden, genügt es, wenn wir nur die älteren Blattstadien berücksichtigen.

Vergleichen wir das in den jeweils letzten Bestimmungen gefundene Verhältnis der N-Werte ungeimpfter und geimpfter Blätter mit dem früher in Tabelle 12 wiedergegebenen Verhältnis der absoluten N-Werte, so ist die Spanne zwischen geimpft und ungeimpft hier wesentlich größer als bei den letzten. Während die absoluten N-Werte bei *Puccinia triticina* auf das 3fache, bei *Puccinia glumarum* auf das fast 1,5fache der Werte für ungeimpft angestiegen waren, haben wir in den Frischgewichtswerten bei Braunrost durchschnittlich fast das 14,6fache, bei Gelbrost das etwas mehr als 2fache der bei ungeimpften Blättern vorliegenden N-Werte. Dieser höhere Unterschied ist bereits früher mit den Auswirkungen des bei ungeimpften Blättern schneller sinkenden Wassergehaltes in Verbindung gebracht, wozu wohl auch noch Verschiebungen durch ungleiche Abwanderung N-freier Substanzen aus den alternden Blättern kommen.

Jedes Sinken des Wassergehaltes muß zu einer Erhöhung des auf Frischgewicht bezogenen N-Gehaltes führen, selbstverständlich nicht nur im Blattgewebe selbst, sondern auch in dem hier enthaltenen Pilzmyzel. Denn der Pilz ist mit seiner Wasserversorgung noch viel mehr als mit den sonstigen Nährstoffen, die er ausreichend speichern kann, auf die Wirtspflanze angewiesen; er muß die Herabsetzung des Wassergehaltes unmittelbar miterleben. Wenn der Wassergehalt sinkt, so bedeutet dies für den Pilz unzweifelhaft eine Eindickung aller Nährstoffe, insbesondere auch der N-haltigen Stoffe. Diese müssen an sich schon als hoch angenommen werden, wie die früher errechneten absoluten Werte zeigen; durch Wasserverlust muß nun eine weitere und neue außerordentliche Konzentrationssteigerung stattfinden.

In diesem Vorgang scheint uns die eigentliche auslösende Ursache der Telentobildung zu liegen. Die dem Pilzmyzel nachweislich reichlich zur Verfügung stehenden Nährstoffe erfahren, wie die Frischgewichtswerte zeigen, bei dem Sinken des Wassergehaltes eine weitere starke Erhöhung. Der Zeitpunkt, zu dem diese erfolgt, fällt mit dem äußerlich sichtbaren Vorgang des Vergilbens und allmählichen Funktionsloswerdens der Blätter zusammen. Nur sind es eben nicht, wie bisher irrtümlich angenommen, die zu dieser Zeit in besonders starkem Maße einsetzenden oder sogar

fast abgeschlossenen Stoffableitungsvorgänge des alternden Blattes, welche die Teleutobildung einleiten, sondern die gleichzeitigen, aber äußerlich nicht erkennbaren Konzentrationserhöhungen der reichlich im Pilzmyzel vorhandenen Nährstoffe.

Damit kommen wir also zu einer gänzlich abweichenden Erklärung der Ursachen der Teleutobildung. Wir fassen unsere Gedankengänge und die Hauptfeststellungen nochmals kurz zusammen:

1. Wohl weisen Weizenblätter mit zunehmendem Alter in steigendem Maße eine starke Entleerung, insbesondere auch der N-haltigen Substanzen auf; jedoch darf der N-Haushalt gesunder Blätter nicht als Maßstab des N-Haushaltes alternder rostinfizierter Blätter genommen werden. Damit fallen die Grundlagen der bisherigen „Erschöpfungstheorie“ der Teleutobildung.
2. Rostige Blätter haben zur Zeit des Vergilbens, also zu der Zeit, in welcher wir mit der Teleutobildung rechnen dürfen, stets einen wesentlich höheren N-Gehalt als gesunde Blätter gleichen Alters. Das Mehr an N muß in dem vorhandenen Pilzmycel gesucht werden; da dieses nur einen Bruchteil der Blattmasse ausmacht, kommen wir zu der Feststellung, daß im Pilz verhältnismäßig große N-Mengen gespeichert sind. Von einem „Erschöpfungszustand“ des Pilzes in vergilbenden Blättern kann nicht die Rede sein, vielmehr müssen wir die für eine Teleutobildung erforderlichen bedeutenden Nährstoffmengen als vorhanden annehmen.
3. Wie die auf Frischgewicht bezogenen N-Werte ($\frac{0}{100}$ N) zeigen, müssen wir mit zunehmendem Blattalter durch allmählichen Wasserverlust mit einer außerordentlichen Steigerung der Konzentration der im Pilzmycel vorhandenen Nährstoffe rechnen. In dieser Konzentrationssteigerung scheint uns die eigentliche auslösende Ursache der Teleutobildung zu liegen.

Die hier gegebene Deutung der Ursachen der Teleutobildung klärt zunächst den in der Einleitung dieser Arbeit erwähnten Widerspruch auf, wonach die Teleutobildung das Vorhandensein größerer Nährstoffmengen zur selbstverständlichen Voraussetzung hat, die andererseits aus „erschöpften“ Blatteilen nicht entnommen werden können. Die nunmehrige Erklärung steht im übrigen mit unseren sonstigen Kenntnissen über die Bildung von Dauersporen bei Pilzen in guter grundsätzlicher Übereinstimmung. Sie bietet weiter, wie wir noch kurz ausführen wollen, die Möglichkeit, einige andersartige Beobachtungen zu erklären, denen wir bei der bisherigen „Erschöpfungstheorie“ hilflos gegenüberstehen.

Das ist zunächst die Beobachtung, daß ein gewisser Zusammenhang zwischen Infektionstypus und Teleutobildung besteht. Es ist uns immer wieder aufgefallen, daß es bei niederen Infektionstypen, also etwa I und II, die wohl noch eine gewisse Uredosporenbildung gestatten, nur sehr selten meist aber garnicht zu einer Teleutobildung im Felde kommt. Diese Feststellung erklärt sich ungezwungen, wenn wir von dem bei niedrigem Infektionstypus vorliegenden N-Haushalt der Blätter ausgehen. Hier kommt es nach den obigen Feststellungen nur zu einer geringen Erhöhung des Stickstoffs gegenüber ungeimpft. Es ist deshalb nicht anzunehmen, daß die für den Eintritt der Teleutobildung notwendige erste Voraussetzung: Vorhandensein ausreichender Nährstoffmengen im Pilzmycel erfüllt ist.

An zweiter Stelle erwähnen wir Fälle von Teleutobildung in grünen Blättern. Im allgemeinen geht die Teleutobildung dem Alter der Blätter parallel, setzt also erst spät ein, wenn die Blätter vergilben. Wir haben jedoch auch Ausnahmen; so bildet *Puccinia dispersa* in Gewächshausversuchen leicht Telentosporien an noch grünen oder sogar jungen Blättern (Gaßner und Kirchhoff 10, vergl. auch Hey 12). Noch auffallender sind gewisse Beobachtungen, die der erste der Verfasser in den letzten Jahren in der Türkei machen konnte. In einer aus Gümüsane (Nordosten der Türkei) erhaltenen größeren Probe rostiger Weizenblätter lagen völlig grüne Blätter vor, die ausnahmslos und reichlich streifenförmige Teleutolager von *Puccinia glumarum* enthielten und so ein sehr merkwürdiges und ungewohntes Bild boten. Ähnliche Beobachtungen wurden dann im letzten Sommer, allerdings in bei weitem nicht so regelmäßiger Weise, auf dem Versuchsfeld Ankara gemacht, und hier war es möglich, einen gewissen Einblick in die Ursachen der Erscheinung zu erhalten. Wir hatten in diesem Frühsommer zunächst leidliche Niederschläge und für das trockene Steppenklima vorübergehend günstige Feuchtigkeitsverhältnisse. Am Ende dieser Periode trat schwacher Gelbrostbefall auf. Dann setzte anhaltend trockenes Wetter ein. Die etwa in der Blüte befindlichen Winterweizenpflanzen hatten zu dieser Zeit schön grüne Blätter mit frischen Uredo-infektionen von Gelbrost. Diese oft gerade erst gebildeten Uredolager gingen größtenteils unvermittelt zur Teleutobildung über, obwohl die Blätter noch wochenlang rein grün blieben. Die Erklärung hierfür möchten wir darin suchen, daß die Verdunstungsgröße der Blätter durch Insolation in Verbindung mit außerordentlich niedrigen Werten der relativen Luftfeuchtigkeit (Tags unter 20%) so weit gesteigert wurde, daß der Wassernachschub mit den Bedürfnissen des Blattes und vor allem der durch stärkeren Wasserverlust ausgezeichneten Blattstellen mit Rostpusteln (Gaßner und Goeze, 8) nicht mehr Schritt hielt. Damit konnte es zu einer Konzentrationssteigerung der im Pilzmycel enthaltenen Nährstoffe kommen, auf welche der Rostpilz mit Teleutobildung reagierte.

Einen ähnlichen Grund dürfen wir sicher auch für die auffallenden Beobachtungen in Gümüsane annehmen. Erwähnt sei noch, daß auf den Pflanzen des Versuchsfeldes Ankara die Teleutobildung zuerst auf der Blattunterseite einsetzte, die durch einen stärkeren Besatz mit Spaltöffnungen ausgezeichnet ist als die Blattoberseite.

Die von uns in dieser Arbeit entwickelte Deutung der Ursachen der Teleutobildung gestattet also eine zwanglose Erklärung von Erscheinungen, die mit der „Erschöpfungstheorie“ unvereinbar scheinen. Die Auffassung, daß die Herabsetzung des Wassergehaltes bei der Teleutobildung entscheidend mitspricht, lenkt nun schließlich noch die Aufmerksamkeit auf die anscheinende Gegensätzlichkeit der Bedingungen für Uredo- und Teleutobildung. Wenn sinkender Wassergehalt nach vorhergehender Uredofruktifikation die Teleutobildung auslöst, wofür wir übrigens auch noch andere Tatsachen, wie z. B. die fast fehlende Teleutobildung in den feuchteren Wintermonaten, als Beweis anführen können, so müssen wir anderseits annehmen, daß ausreichende oder gute Feuchtigkeitsverhältnisse die Voraussetzung der Uredobildung darstellen. Das zeigen schon Feldbeobachtungen; noch deutlicher sehen wir dies in Gewächshausversuchen. Bei der vergleichenden Prüfung von Rostrassen kommt es sehr darauf an, daß eine bestimmte Luftfeuchtigkeit nicht unterschritten wird, sonst kommt es leicht zu mangelnder Fruktifikation und unter Umständen zu ernststen Störungen der Versuchsergebnisse, weil auch mittlere und höhere Infektionstypen sich nach unten verschieben. Wenn es sich darum handelt, die Uredolager zu besonders üppiger Fruktifikation zu veranlassen, so braucht man nur die Pflanzen vorübergehend unter Glocken zu bringen und so dem Einfluß einer wasserdampfgesättigten Atmosphäre auszusetzen. Der Pilz reagiert hierauf sofort mit verstärkter Sporenbildung, und zwar so schnell, daß es sich mit Sicherheit um eine direkte Einwirkung der Feuchtigkeit auf den Pilz und nicht um einen indirekten Einfluß der Nährpflanze handeln muß. Die Uredosporenbildung erscheint uns so als die Fortpflanzungsart für gute Feuchtigkeitsverhältnisse, während die Teleutobildung nach dem obigen die Reaktion des Pilzes auf Herabsetzung des Wassergehaltes ist. Selbstverständlich müssen hierbei bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein; die erforderlichen Nährstoffe müssen vorhanden sein, auch darf die Herabsetzung des Wassergehaltes nur allmählich erfolgen, da der Pilz zur Durchführung der Teleutobildung einer gewissen Zeit bedarf. Bei plötzlichem Vertrocknen der Blätter erfolgt erfahrungsgemäß keine Teleutobildung.

8. Hauptergebnisse.

1. Die vorstehenden Untersuchungen verfolgten den Zweck, durch vergleichende Stickstoffbestimmungen gesunder und rostiger Weizenblätter einen Einblick in die Wirkungen des Rostpilzes

- auf den Stickstoffhaushalt infizierter Weizenblätter und damit in die Bedingungen der Teleutosporenbildung zu gewinnen.
2. Ungeimpfte Weizenblätter zeigen nach dem Erreichen eines Stickstoffmaximums einen mehr oder minder starken Abfall des Gesamt-N; dieser Abfall wird durch das Sinken des Eiweiß-N bedingt, während der lösliche N lange konstant bleibt oder nur wenig abfällt.
 3. Geimpfte Weizenblätter zeigen je nach dem auftretenden Infektionstypus ein verschiedenes Verhalten. Die niedrigen Infektionstypen *i* und *0* beeinflussen den N-Haushalt nicht oder kaum; nur wenn es zu einem früheren Funktionsloswerden der Blätter als Folge der Infektion kommt, liegen Nebenwirkungen vor, die aber keine Beeinflussung des absoluten N-Gehaltes bedeuten.
 4. Hohe Infektionstypen (III und IV) bedingen starke Änderungen des N-Haushaltes im Vergleich zu ungeimpft. Infizierte Blätter zeigen ein wesentlich langsames und schwächeres, unter Umständen auch gar kein Absinken des Gesamt-N; am Versuchschluß liegen deshalb ganz allgemein in infizierten Blättern höhere N-Werte vor als in gesunden Blättern gleichen Alters.
Der höhere N-Gehalt infizierter Blätter kommt in doppelter Weise zustande. Einmal zeigt sich bei genügend lang laufenden Versuchen ein in Vergleich zu ungeimpft geringeres Absinken der Eiweißwerte; der Hauptunterschied liegt jedoch in dem starken Anstieg (auch absolut) der löslichen N-Verbindungen.
 5. Geringer Infektionstypus (II) beeinflußt den N-Haushalt in der gleichen Richtung, aber ganz wesentlich schwächer als hohe Infektionstypen. Die N-Bilanz rostinfizierter Blätter geht also dem jeweils vorliegenden Infektionstypus parallel und steigt allmählich von den niederen zu hohen Infektionstypen an.
 6. Die beiden untersuchten Rostarten, *Puccinia triticina* und *Puccinia glumarum* beeinflussen den N-Haushalt der Blätter in grundsätzlich gleicher Weise; jedoch scheinen quantitative Verschiedenheiten insoweit vorzuliegen, als nach Braunrostinfektionen stärkere Unterschiede der N-Werte zwischen geimpft und ungeimpft auftreten können als in gelbrostinfizierten Blättern.
 7. Hohe N-Düngung wirkt sich dahin aus, daß alle N-Werte, und zwar sowohl bei geimpften wie bei ungeimpften Blättern deutlich höher liegen als bei N-Mangel. Die relativen Unterschiede im N-Haushalt geimpfter und ungeimpfter Blätter werden aber durch die N-Düngung nicht verändert. Bei der Beurteilung der Versuchsergebnisse muß allerdings berücksichtigt werden, daß N-Mangel das physiologische Altern der Blätter beschleunigt und

daß N-Überschuß die Lebensdauer der Blätter verlängert; gleich alte Blätter haben also ein verschiedenes „physiologisches“ Alter.

8. Die gewonnenen Erkenntnisse zwingen zu einer völligen Umstellung unserer| bisherigen Anschauungen von Wesen und Ursache der Teleutobildung. Die Annahme, daß die Teleutosporenbildung eine Reaktion des Pilzes auf eine eintretende „Erschöpfung“ der Nährpflanze bzw. ihrer Teile darstellt, ist falsch, obwohl das äußere Bild auf einen Parallelismus zwischen Vergilben bzw. „Erschöpfung“ und Eintreten der Teleutobildung hinweist. Dieser Parallelismus ist jedoch äußerlich; die Untersuchung des N-Haushaltes hat ergeben, daß wir die Entleerung des Blattgewebes nicht als Maßstab für den Ernährungszustand des Rostpilzes benutzen dürfen.
 9. In älteren rostinfizierten Blättern mit hohem Infektionstypus enthält vielmehr der hier vorhandene Rostpilz reichlich N-haltige Nährstoffe; damit ist die erste Voraussetzung für das Eintreten der Teleutobildung erfüllt.
 10. Die zweite Voraussetzung und die unmittelbare Ursache der Auslösung der Teleutobildung erblicken wir in dem zur Zeit des Vergilbens in rostigen Blättern eintretenden allmählichen Wasserverlust, von dem auch das Pilzmyzel erfaßt werden muß. Die auf Frischgewicht bezogenen N-Werte rostiger Blätter lassen keinen Zweifel, daß durch den Wasserverlust eine ganz bedeutende Konzentrationssteigerung der N-haltigen Stoffe erfolgt, die vor allem für das Rostmyzel und die in diesem in reichlicher Menge vorhandenen Nährstoffe von Bedeutung sein muß und von uns als der eigentliche Anlaß zur Auslösung der Teleutobildung angesprochen wird.
 11. Mit der eben gegebenen Deutung der Ursachen der Teleutobildung lassen sich auch die Beobachtungen über Beziehungen zwischen Infektionstypus und Teleutobildung sowie über Teleutobildung in grünen Getreideblättern in Einklang bringen, während die bisherige „Erschöpfungshypothese“ keine Erklärungsmöglichkeiten bieten würde.
 12. Schließlich scheinen die entwickelten Anschauungen vom Wesen der Teleutobildung auch geeignet, in die inneren Voraussetzungen der Uredofruktifikation einen gewissen Einblick zu geben; diese müssen der Teleutofruktifikation entgegengesetzt sein und in erster Linie hohe Feuchtigkeitsverhältnisse zur Voraussetzung haben, wenn wir den Übergang von der Uredo- zur Teleutobildung richtig verstehen wollen.
-

9. Schriftenverzeichnis.

- 1 Allen, Ruth, F. Cytological studies of infection of Baart, Kanred and Mindum Wheats by *Puccinia graminis tritici* forms III and XIX. Journ. Agr. Res., **26**, 1923, S. 571.
- 2 Allen, Ruth, F. Cytological studies of forms 9, 21 and 27 of *Puccinia graminis tritici*, on Khapli Emmer. Journ. Agr. Res., **32**, 1926, S. 701.
- 3 Allen, Ruth, F. A cytological study of orange leaf rust, *Puccinia triticina* physiologic form 11 on Malakoff wheat. Journ. Agr. Res., **34**, 1927, S. 697.
- 4 Gaßner, G. Die Teleutosporenbildung der Getreiderostpilze und ihre Bedingungen. Zeitschrift für Botanik, **7**, 1915, S. 65.
- 5 Gaßner, G. und Franke, W. Der Stickstoffhaushalt junger Weizenpflanzen in seiner Abhängigkeit von der Mineralsalzernährung. Phytopathologische Zeitschrift, **7**, 1934, S. 187.
- 6 Gaßner, G. und Franke, W. Einige Versuche über die Beeinflussung des Stickstoffhaushaltes junger Weizenblätter durch den Kohlensäuregehalt der Luft. Phytopathologische Zeitschrift, **11**, 1938, S. 98.
- 7 Gaßner, G. und Goeze, G. Assimilationsverhalten, Chlorophyllgehalt und Transpirationsgröße von Getreideblättern mit besonderer Berücksichtigung der Kalium- und Stickstoffernährung. Zeitschrift für Botanik, **27**, 1934, S. 257.
- 8 Gaßner, G. und Goeze, G. Einige Versuche über die physiologische Leistungsfähigkeit rostinfizierter Getreideblätter. Phytopathologische Zeitschrift, **9**, 1936, S. 371.
- 9 Gaßner, G. und Hassebrauk, K. Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Mineralsalzernährung und Verhalten der Getreidepflanzen gegen Rost. Phytopathologische Zeitschrift, **3**, 1931, S. 535.
- 10 Gaßner, G. und Kirchhoff, H. Einige Versuche zum Nachweis biologischer Rassen innerhalb des Roggenbraunrostes, *Puccinia dispersa* Erikss. u. Henn. Phytopathologische Zeitschrift, **7**, 1934, S. 479.
- 11 Gaßner, G. und Straib, W. Zur Frage der Konstanz des Infektionstypus von *Puccinia triticina* Erikss. Phytopathologische Zeitschrift, **4**, 1931, S. 57.
- 12 Hey, A. Beiträge zur Spezialisierung des Gerstenzwergrostes, *Puccinia simplex* Erikss. et Henn. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt, **19**, 1937, S. 227.
- 13 Magnus, P. Verzeichnis der am 15. und 16. Juni 1889 bei Tangermünde beobachteten Pilze. Verh. Bot. Ver. Prov. Brandenburg, **31**, S. 23.
- 14 Mothes, K. Ein Beitrag zur Kenntnis des N-Stoffwechsels höherer Pflanzen. Planta, **1**, 1926, S. 472.
- 15 Mothes, K. Zur Kenntnis des N-Stoffwechsels höherer Pflanzen III. Planta, **12**, 1931, S. 686.
- 16 Morgenthaler, O. Über die Bedingungen der Teleutosporenbildung bei den Uredineen. Centralblatt für Bakteriologie, II, **27**, 1910, S. 73.
- 17 Murphy, H., C. Effect of crown rust infection on yield and water requirements of oats. Journ. Agr. Res., **50**, 1935, S. 387.
- 18 Swart, N. Die Stoffwanderung in ablebenden Blättern. Jena 1914.
- 19 Stakman, E., C. Relation between *Puccinia graminis* and plants highly resistant to its attack. Journ. Agr. Res., **4**, 1915, S. 193.
- 20 Stakman, E., C. and Levine, M., N. The determination of biologic forms of *Puccinia graminis* on *Triticum* spp. Minnesota Agr. Exp. Sta. Techn. Bull. **8**, 1922.

Über den Einfluß der Steinbrandinfektion auf das Gelbrostverhalten des Weizens.

Von

W. Straib.

Mit 1 Abbildung.

Einleitung.

Nachdem Lang 1917 (9) erstmals auf erhöhte Gelbrostanfälligkeit brandigen Weizens hingewiesen hatte, beschäftigten sich in der Folgezeit verschiedene Versuchsansteller mit der Frage des Einflusses der Infektion von *Tilletia tritici* auf die Anfälligkeit des Weizens gegenüber *Puccinia glumarum*. So konnten Armstrong (1), Dillon Weston (3, 4), Volk (20), Vilkaitis (18, 19) und unlängst Viennot-Bourgin (17) die Beobachtungen Langs bestätigen und erweitern. Ebenso scheint auch *Ustilago*-Infektion eine Befallssteigerung des Rostes nach sich zu ziehen. Nach Hart (7) zeigten flugbrandbefallene Weizenpflanzen erhöhte Schwarzrostanfälligkeit, und Welsh (21) fand bei flugbrandinfizierten Haferpflanzen verstärkten Befall durch *Puccinia coronata*.

Ist damit die spezifische Wirkung des Brandbefalls auf die Rostanfälligkeit, vor allem auf die Gelbrostanfälligkeit des Weizens auch erwiesen, so bedarf anderseits die Frage, in welchem Ausmaße die Resistenzverschiebungen bei den einzelnen Weizensorten sich vollziehen, noch weiterer Prüfung, wobei nunmehr auch der engeren Spezialisierung des Rostpilzes Rechnung getragen werden muß. Von besonderer Bedeutung ist es dabei, festzustellen, inwieweit die verschiedenen Abstufungen der Gelbrostresistenz des Weizens (Befallsfreiheit, absolute und relative Resistenz sowie Sommerresistenz älterer Entwicklungsstadien) durch Steinbrandinfektion beeinflußt werden können. Damit soll dann gleichzeitig die praktisch sehr wesentliche Frage, die Dillon Weston bereits angeschnitten hat, ob wir nämlich durch vorhergehende Steinbrandinfektion zu einer sichereren Beurteilung des Gelbrostverhaltens des Weizens im Freiland kommen können, einer Klärung entgegengeführt werden.

Versuchsdurchführung.

Die zur Beobachtung stehenden Weizensorten wurden im Plane größerer Versuchsreihen, die der Prüfung des Einflusses des Entwicklungsstadiums auf die Gelbrostanfälligkeit des Weizens dienten, ausgesät. Da hierüber im nächsten Band dieser Zeitschrift ausführlich berichtet wird (Straib, 14, 15), soll hier die Versuchsmethodik nur kurz besprochen werden. Die Beziehungen zwischen Steinbrandinfektion und Gelbrostverhalten sind an Pflanzen verschiedenen Entwicklungsalters untersucht, wobei durch „kontinuierliche Aussaaten“ erreicht wurde, daß die Beobachtungen an verschiedenen Entwicklungsstadien jeweils zum gleichen Zeitpunkt vorgenommen werden konnten, und daß diese Pflanzen stets den gleichen Außenbedingungen ausgesetzt waren. Steinbrandparzellen und Kontrollparzellen lagen unmittelbar nebeneinander.

Zur vergleichenden Prüfung wurden steinbrandanfällige Weizensorten herangezogen, die sich durch spezifisches Verhalten gegenüber den zu prüfenden Gelbrostrassen ausgezeichnet hatten, und die besonders auch Verschiedenheiten im Befall der Entwicklungsstadien aufwiesen. Außerdem ist dann noch eine Weizensorte (Ridit) geprüft, die gegenüber der Steinbrandherkunft Gliesmarode Resistenz besitzt, um auf diese Weise den Einfluß des „latenten Brandbefalles“ auf die Gelbrostanfälligkeit zu kontrollieren. Der steinbrandanfällige Santa Fé-Weizen weist daneben noch hohen Flugbrandbesatz auf (etwa 20 %), wodurch gleichzeitig auch die Wirkung dieses Pilzes auf die Gelbrostanfälligkeit beobachtet werden konnte. Ueber die in den einzelnen Versuchsjahren geprüften Weizensorten und ihr Gelbrostverhalten unterrichtet Tabelle 1.

Zwecks Steinbrandinfektion wurden die Körner in der üblichen Weise mit Brandstaub gründlich bepudert (0,4 g Sporen von *Tilletia tritici*¹⁾ auf 100 g Saatgut). Die Kontrollen wurden mit Ceresan-trocken gebeizt. Über die Methodik der Gelbrostinfektion wird in den zitierten Arbeiten ausführlich berichtet (Straib, 14, 15). Hier sei nur noch erwähnt, daß die Prüfungen hauptsächlich mit zwei verschiedenen Gelbrostrassen (Rasse 2 und 7) vorgenommen sind, und daß während der ganzen Vegetationszeit und in den verschiedenen Entwicklungsstadien auf anfälligen Sorten reichlich Gelbrostausbruch vorhanden war, so daß also auch die Schlußfolgerungen hinsichtlich der Resistenzverschiebungen durch Steinbrandbefall gesichert erscheinen.

Gewisse Schwierigkeiten bereitet manchmal die Bonitierung des Gelbrostbefalls, womit ich mich ebenfalls an anderer Stelle auseinander-

¹⁾ Zur Verwendung kam eine *Tilletia*-Population, mit der alljährlich auf dem Versuchsfeld Gliesmarode Infektionsversuche durchgeführt werden. Der mikroskopische Befund ergab das Vorliegen der *tritici*-Form; ob daneben auch noch die *laevis*-Form auftritt, lasse ich unentschieden, es könnte sich höchstens um einen verschwindend geringen Anteil handeln. — Die Frage, ob die verschiedenen Steinbrandrassen das Gelbrostverhalten derselben Weizensorten in verschiedener Weise beeinflussen, bleibt ebenfalls offen.

Tabelle 1.

**Zusammenstellung der unter gleichzeitiger Steinbrandinfektion
auf ihr Gelbrostverhalten geprüften Weizensorten.**

Weizensorte (<i>Triticum vulgare</i>)	Versuchsjahr					Infektionstypus von Keimpflanzen im Ge- wächshaus bei 12—15° C	
	1935/36		1936/37		1937/38		
	Gelbrostrasse						
	R. 2	R. 7	R. 2	R. 7	R. 7	R. 2	R. 7
Michigan Amber Winterweizen	.	.	+	+	.	IV	IV
Strubes Stocken Winterweizen	.	.	+	+	+	IV	IV
Strubes Dickkopf Winterweizen	+	+	+	+	+	IV	IV
Criewener 104 Winterweizen	+	+	+	+	+	IV	IV
Ridit Winterweizen	+	+	+	+	+	II—III	II—III
Rimpaus Bastard Winterweizen	+	+	+	+	+	IV	IV
Carstens V Winterweizen	+	+	+	0—III	IV
Spaldings prolific Winterweizen	.	.	+	+	+	IV	0+
Little Joss Winterweizen	+	+	.	IV	IV
Cimbals Großherzog Winter- weizen	+	.	IV
Ebersbacher Weiß Winter- weizen	+	.	IV
Heine II Winterweizen	+	.	IV
Mauerner begrannter Dickkopf Winterweizen.	+	.	IV
Salzmünder Standard Winter- weizen	+	.	IV
Svalöfs Kronen Winterweizen	+	.	IV
Santa Fé Sommerweizen	+	+	.	IV	IV
Peragis Sommerweizen	+	+	+	+	+	IV	IV
Heines Kolben Sommerweizen	.	.	+	+	+	0	0
Rouge prolifique barbu Som- merweizen.	+	+	+	IV	0
Rümkers Sommerdickkopf	+	.	0
Roter Schlanstedter Sommer- weizen	+	.	III
Rouge prolifique barbu × Hei- nes Kolben Sommerweizen .	.	.	+	+	+	0	0

setze. Bei brandbefallenen Pflanzen komplizieren sich die Ablesungen noch durch eigentümliche, bis zu quittengelb sich steigernde Verfärbungen der Blattspreiten, die erheblich über das Maß, wie wir es bisweilen bei normalen Pflanzen beobachten können, hinausgehen. Sie machen sich besonders vom Beginn des Schossens an bemerkbar, bei den einzelnen Weizensorten allerdings zu verschiedenen Zeiten in verschiedener Stärke. Bei oberflächlicher Beobachtung scheint es dann, als würde starke Gelbrostinfektion vorliegen. Betrachtet man das Blatt aber genauer, so können die Rostpusteln auf manchen Sorten während der ganzen Vegetationszeit fehlen. Eine Beziehung dieser abnormen Gelbfärbung, die teilweise auch streifig auftritt, zur Rostinfektion ist nicht ersichtlich;

anscheinend steht sie allein mit der Steinbrandinfektion in ursächlichem Zusammenhang, denn Weizensorten mit Immunität und absoluter Resistenz gegenüber *Puccinia glumarum* können ebenfalls solche Verfärbungen zeigen. Bezüglich anderer Wachstumsabnormitäten, wie sie die Steinbrandinfektion der Weizenpflanzen bekanntlich im Gefolge hat, wie Verkürzung der Internodien, Verlängerung oder Verkürzung der Ähre, deren typische blaugrüne Färbung usw., finden wir in der Literatur zur pathologischen Morphologie des Brandbefalls mannigfache Angaben (vergl. die neueren Arbeiten von Sampson und Davies (11), Viennot-Bourgin (17), Schlehuber (12). Sie beeinflussen aber die Beurteilung des Gelbrostbefalls nicht weiter.

Bei der Bonitierung des Gelbrostbefalls ist sowohl der Infektionstypus als auch die Befalls- bzw. die Fruktifikationsstärke herangezogen. Beide haben ihre besonderen Vorteile: Der Infektionstypus gibt uns mit dem Grade „O-II“ das Auftreten von Nekrosen an, die wir durch die Befallsstärke weniger gut erfassen, während die Befallsstärke den Pustelbesatz besser zu berücksichtigen vermag. Eine solche empirische Schätzung des Rostbefalls birgt naturgemäß stets gewisse Fehlerquellen in sich, doch werden damit bemerkenswerte Befallsunterschiede, auf die es hier ankommt, zweifellos erfaßt, besonders wenn die Bonitierung wiederholt vorgenommen wird. Vorliegend wurde der Gesamtbefall aller Brandpflanzen dem Gesamtbefall der Kontrollparzelle gegenübergestellt. Fehlerkritisch sicherer wäre zwar eine Einzelbonitierung der Blätter und Pflanzen, doch vermag sie in Wirklichkeit infolge verschiedener Fehlerquellen die Unterschiede auch kaum zuverlässiger anzugeben und ist vor allem zur raschen Bewältigung größerer Versuchsreihen viel zu umständlich.

Da innerhalb einer infizierten Kornprobe meist nur ein Teil der Pflanzen Steinbrandinfektion erkennen läßt, so können unter Umständen die nicht befallenen Pflanzen einer Brandparzelle noch zum Vergleich herangezogen werden. Sicherer gehen wir aber mit nichtinfizierten Kontrollparzellen, weil hier jegliche Steinbrandinfektion von Anbeginn unterblieben ist. Besonders interessant sind dann noch solche Fälle, bei denen die einzelnen Halme derselben Pflanze ungleichen Brandbefall und entsprechend auch Gelbrostbefall aufweisen, worauf Lang (9) bereits hingewiesen hat.

Versuchsergebnisse.

1. Gewächshausprüfungen.

In Tabelle 2 ist das Ergebnis einer Prüfungsreihe steinbrandinfizierter und normaler Pflanzen im Keimpflanzenstadium im Gewächshaus dargestellt. Um das Zustandekommen der Steinbrandinfektion zu sichern (vergl. Rabien, 10), wurde die Anzucht der Versuchspflanzen zunächst bei 10—12° vorgenommen. Auch nach dem Impfen mit den Gelbrostrassen

2 und 7 blieben die Pflanzen noch 2 Tage bei dieser Temperatur und wurden dann in die eigentlichen Prüfungstemperaturen für das Gelbrostverhalten ($15-17^{\circ}$ und $20-23^{\circ}$) verteilt.

Eine gesicherte Veränderung im Infektionstypus läßt sich nach Steinbrandinfektion nirgends feststellen. Zur Kontrolle des tatsächlich zur Zeit der Gelbrostinfektion der Keimpflanzen vorhandenen Steinbrandbefalls wurden die Sommerweizensorten nach Abschluß der Gewächshausprüfung ins Freiland pikiert. Die Höhe des erzielten Steinbrandbefalls — die beim Winterweizen noch übertroffen werden dürfte — sichert den Schluß, daß Keimpflanzen bei Steinbrandinfektion keine Veränderung ihres Gelbrostverhaltens erfahren. Im umgekehrten Falle hätte wenigstens ein Teil der Keimpflanzen — nämlich die brandigen — eine Befallsverschiebung zeigen müssen. Diese ist aber nicht eingetroffen, vielmehr zeigten die Sorten nahezu ausgeglichenen Befallstyp.

Dieser Befund deckt sich auch mit einigen Vorversuchen, die wir im Jahre 1930 durchführten und bei denen brandige Keimpflanzen verschiedener Weizensorten weder eine Verschiebung im Gelbrostbefall noch eine solche bei Infektion mit *Puccinia graminis* und *Puccinia triticina* erkennen ließen. Ebenso hat Calniceanu (2) an Keimpflanzen keine Beeinflussung der Braunrostinfektion (*Puccinia triticina*) durch Steinbrandbefall feststellen können, und auch nach *Ustilago*-Infektion konnte Welsh (21) keine Befallsveränderung von Keimpflanzen gegenüber *P. coronata* finden.

2. Feldversuche.

Ueber das Verhalten der im Freiland beobachteten Weizensorten gegenüber den geprüften Gelbrostrassen ist zunächst folgendes vor auszuschicken:

Verhalten gegen Rasse 2. Absolute bzw. relative Resistenz im Sinne von Gassner und Straib (6) weisen auf: Carstens V, Heines Kolben, Rouge prolifique barbu \times Heines Kolben, Ridit. Als Sorten mit ziemlich stabiler Sommerresistenz sind bekannt: Criewener 104, Stocken, Bastard, Santa Fé und Little Joss¹⁾. Schwankende Sommerresistenz besitzen: Strubes Dickkopf, Peragis Sommerweizen und Spaldings prolific. Sommeranfälligkeit finden wir bei Michigan Amber und Rouge prolifique barbu.

Verhalten gegen Rasse 7. Absolute und relative Resistenz: Ridit, Spaldings prolific, Heines Kolben, Rouge prolifique barbu, Rouge prolifique barbu \times Heines Kolben. Stabile Sommerresistenz:

¹⁾ Der Weizen Little Joss wurde einbezogen, weil Dillon Weston bei ihm eine starke Erhöhung des Gelbrostbefalls nach Steinbrandinfektion erhalten hatte. Im vorliegenden Versuch zeigt Little Joss aber ein anderes Rostverhalten als bei Dillon Weston, was mit Verschiedenheiten der infizierenden Gelbrostrassen, möglicherweise auch mit Saatgutverschiedenheiten zusammenhängen kann. Es kann aber auch sein, daß die Infektionsbedingungen im Gelbrostjahr 1926, in dem Dillon Weston seine Beobachtungen anstellte, besonders günstig waren.

Tabelle 3.

Einfluß der Steinbrandinfektion auf das Gelbrostverhalten des Weizens in verschiedenen Entwicklungsstadien.

Ort: Versuchsfeld Gliesmarode. Aussaatzeiten: Nr. 1 am 1. Oktober 1935. Nr. 2 am 5. Dezember 1935. Nr. 3 am 23. März 1936.
 Parzellengröße: 1,5 qm in dreifacher Wiederholung.

Gelbrostrasse	Weizensorte	Gelbrost-Befallsstärke ¹⁾												Höhe des Steinbrandbe- falls in Pro- zenten der infizierten Pflanzen						
		Datum der Ablesung																		
		5. bzw. 11. Juni						26. bzw. 27. Juni												
		Aussaat Nr. 1	Aussaat Nr. 2	Aussaat Nr. 3	Aussaat Nr. 1	Aussaat Nr. 2	Aussaat Nr. 3	Aussaat Nr. 1	Aussaat Nr. 2	Aussaat Nr. 3	Aussaat Nr. 1	Aussaat Nr. 2	Aussaat Nr. 3							
Entwicklungsstadium																				
Ähren- schieben bis Blüte			Kurz vor dem Ähren- schieben			Winterwei- zen: Rosetten Sommerwei- zen: Schossen			Blüte bis wässriges Korn			Ähren- schieben bis Blüte			Winterwei- zen: Rosetten Sommerwei- zen: Ähren- schieben					
Steinbrandinfektion																				
ohne			mit		ohne		mit		ohne		mit		ohne		mit		l. Aus- saat o/ %		2. Aus- saat o/ %	
Rasse 2	Criewener 104	0,1	0,1	0,5	0,1	0-II	0-II	—	—	—	—	0	0,1	0	0	0	16	39		
	Rimpaus Bastard	0	0,1	0-2	0,1	III+	III	—	—	—	—	0	0,1-0,5	0?	0	0	33	69		
	Ridit	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	0	0	0?	0	0	0	1,6		
	Strubes Dickkopf	0,5	0,5-1	2	2-3	IV-	IV	—	—	—	—	0,5-1	2,5-3	0-II	0	0	49	65		
	Little Joss	0	0	0	0	III?	II	—	—	—	—	0	0,5?	0	—	—	57	22		
	Peragis Sommerweizen	1,5!	2-3	3	3-4	III+	III	—	—	—	—	1-1,5	3-4	0,5	1,5-2	—	75	68		
Rasse 7	Criewener 104	0,1	1-1,5	0,1	0,5-1	0-II	0	0,1	2-2,5	0	1-1,5	0	0	0	0	0	8	24		
	Rimpaus Bastard	0,1	0,5-1	0-0,5	0-0,5	II-0	I-II	0	0!!	0	0!!	0	0	0	0	0	24	34		
	Ridit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0?	0	0	0	0	0	1,2	0		
	Strubes Dickkopf	1	3,5-4	2,5	3,5-4	III	III+	0,5	3,5-4	0,5	4-4,5	0-2	0-4,5	0	0-4,5	36	40			
	Little Joss	0	0-0,1	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	42	40		
	Peragis Sommerweizen	2	2-2,5	1,5	2,5	II	II?	1!!	2,5-3!!	1!!	2,5!!	0,5	3,5?	0,5	3,5?	59	35			

¹⁾ Römische Ziffern = Infektionstypus. Arabische Ziffern == Befallsstärke (Skala 0-5). ! bedeutet verstärkte Nekrosebildung.

Einfluß der Steinbrandinfektion auf das Gelbrosterverhalten des Weizens in verschiedenen Entwicklungsstadien.

Ort: Versuchsfeld Giesmarode. Aussaatzeiten: Nr. 1 am 5. Oktober 1936. Nr. 2 am 8. Dezember 1936. Nr. 3 am 1. April 1937.
 Parzellengröße: 1,5 qm in dreifacher Wiederholung. Bonittierung der Befallsstärke (Infektionstypus): 5. Juni 1937 (R. 2), 8. Juni 1937 (R. 7)

Gelbrostrasse	Weizensorte	Aussaat Nr. 1			Aussaat Nr. 2.			Aussaat Nr. 3			Höhe des Steinbrandbefalls in Prozenten (Pflanzen).
		Entwicklungsstadium									
		Ährenschieben bis Blüte			Vorgeschrittenes Schossen			Winterweizen: Rosetten Sommerweizen: Schossen			
		Steinbrandinfektion									
		ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit				
Rasse 2	Michigan Amber	IV	IV	IV	IV	IV-	IV	90	—	—	
	Strubbes Stoecken.	0	0	0	0	0	0	79	52	—	
	Strubbes Diekkopf	0 (II)	III-IV	0 (II)	III-IV	II	III	92	56	—	
	Crewener 104	0	0	0	0	0	0	75	33	—	
	Ridit	0	0 ¹⁾	0	0	0	0	32	4	—	
	Rimpaus Bastard	0	0	0+	0	0+	0	69	33	—	
	Carstens V	0	0	0	0	vac.	vac.	92	29	—	
	Spaldings prolific	0	0	0!	0	II	II+	81	51	—	
	Little Joss	0	0!	0	0+	0+	0	75	45	—	
	Santa Fé	0	0	0	0	0	0	86	22	68	
	Peragis Sommerweizen	II-	III	II+	III	III+	III+	95	35	78	
	Heines Kolben	0	0	0	0	0	0	76	32	8	
Rouge prolifique barbu	III	IV-	IV-	IV-	IV-	IV-	63	9	52		
Rouge prol. barbu × Heines Kolben	0	0	0	0	0	0	74	19	35		
Rasse 7	Michigan Amber	IV	IV	—	—	IV	IV	80	—	—	
	Strubbes Stoecken.	0+	0+	—	—	IV	IV	69	—	—	
	Strubbes Diekkopf	II+	IV-	—	—	II	II	69	—	—	
	Crewener 104	0+	II-III	—	—	III+	III+	86	—	—	
	Ridit	0	0	—	—	0	0	60	—	—	
	Rimpaus Bastard	0+	0+	—	—	0	0	6	—	—	
	Carstens V	III+	III+	—	—	0	0	78	—	—	
	Spaldings prolific	0	0	—	—	III	III-	65	—	—	
	Little Joss	0	0	—	—	III-	II	78	—	—	
	Santa Fé	0	0	—	—	—	—	71	—	—	
	Peragis Sommerweizen	II+	III-	—	—	0	0	77	—	20	
	Heines Kolben	0	0	—	—	0+	0	79	—	31	
Rouge prolifique barbu	0	0	—	—	0	0	51	—	0,6		
Rouge prol barbu × Heines Kolben	0	0	—	—	0	0	47	—	14		
							63	—	23		

1) ! = verstärkte Nekrose

Criewener 104, Ebersbacher Weiß, Heine II, Svalöfs Kronen, Stocken, Rimpaus Bastard, Santa Fé, Little Joss. Labile Sommerresistenz: Cimbals Großherzog, Mauerner begrannter Dickkopf, Salzmünder Standard, Strubes Dickkopf, Peragis Sommerweizen, Carstens V. Sommeranfälligkeit: Michigan Amber (Weitere Einzelheiten bezüglich des Verhaltens dieser Sorten: vgl. Straib, 14; 15).

Tabelle 5.

Verhalten verschiedener Weizensorten gegenüber *Puccinia glumarum*, Rasse 7, nach Infektion mit *Tilletia tritici*, im Jahre 1938 (Versuchsfeld Giesmarode).

Aussaat: 18. Oktober 1937.

Parzellengröße: 1,5 qm in zweifacher Wiederholung.

Bonitierung des Gelbrostbefalls: 29. Juni 1938.

Entwicklungsstadium der Weizensorten: Ende der Blüte bis milchiges Korn.

Weizensorte	Stärke der natürlichen bzw. durch <i>Tilletia</i> -Infektion verursachten Vergilbung der Blattspreiten ¹⁾ (22. Juni 1938)		Gelbrost-Fruktifikationsstärke			
			Normale Pflanzen		Brandpflanzen	
	Normale Pflanzen	Brandpflanzen	1.—3. Blatt	Flügelblatt	1.—3. Blatt	Flügelblatt
Carstens V	(+)	++	1—2	0,5	4	3,5
Cimbals Großherzog . .	(+)	++++	1,5	0	1,5	0,5
Criewener 104	0	0—(+)	0	0	0,5	0,5
Ebersbacher Weiß . . .	0	++++	0	0	0	0
Heine II	+++	+++++	0	0	0	0
Mauerner begr. Dickkopf	++++	+++++	1,5	0,5	?	0,5
Rimpaus Bastard	0	++	0,5	0	?	0
Salzmünder Standard . .	0	+	0,5	0	0,5	0,5
Strubes Dickkopf	(+)	++++	2—3	0,5	4	3,5
Strubes Stocken	0	++++	1	0,1	Nekrose	1,5
Svalöfs Kronen	0	++	0	0	0	0
Spaldings prolific	0	++	0	0	0	0
Heines Kolben	0	0	0	0	0	0
Peragis Sommerweizen .	Rostnekrosen		2,5	1,5	2,5	1,5
Rümkers Sommerdickkopf	0	(+)	0	0	0	0
Roter Schlanstedter . . .	0	+	0	0	0	0
Rouge prolifique barbu .	0	(+)	0	0	0	0
Rouge prolifique barbu × Heines Kolben	0	+?	0	0	0	0

- ¹⁾ + = leichte Gelbfärbung einzelner Blätter, besonders der tiefer inserierten.
 +++++ = Starke und gleichmäßige quittengelbe Verfärbung fast sämtlicher Halmblätter (Vergilbung).
 ++ und +++ sind entsprechende Zwischenstufen. () bedeutet Abschwächung des betreffenden Verfärbungsgrades.

Die fortlaufende Kontrolle des Gelbrostbefalls brandiger und normaler Parzellen ließ zunächst an den jüngeren Pflanzen und in Uebereinstimmung mit der Gewächshausprüfung während des Herbstes und Winters nicht die

geringsten Befallsunterschiede erkennen. Auch die Ueberwinterungsprozente beider Prüfungsreihen lagen etwa auf gleicher Höhe. Erst bei Beginn des Aehrenschiebens, nachdem brandige und normale Pflanzen auch äußerlich zu unterscheiden waren, machten sich bei manchen Sorten Unterschiede im Gelbrostbefall bemerkbar.

Die Tabellen 3 und 4 bringen die Beobachtungsergebnisse verschiedener Entwicklungsstadien aus den Jahren 1936 und 1937¹⁾. Tabelle 5 enthält neben den Infektionsbefunden der Gelbrostrasse 7 des Jahres 1938 — es wurde hier nur ein Entwicklungsstadium zum Vergleich herangezogen — auch die Bonitierung über das Auftreten der unabhängig von der Gelbrostinfektion bei Steinbrandbefall auftretenden gelben Verfärbungen der Blattspreiten mancher Weizensorten. Unter Zusammenfassung der in den Tabellen 3—5 dargestellten Befunde läßt sich folgende Abgrenzung der Befallsverschiebungen vornehmen:

1. Weizensorten mit absoluter und relativer Resistenz gegenüber einer oder der anderen Gelbrostrasse erfahren durch die Steinbrandinfektion keine Befallserhöhung und zeigen in keinem Falle Pustelausbrüche.
2. Auch bei Sorten mit stabiler Sommerresistenz tritt keine oder nur verhältnismäßig schwache Erhöhung des Pustelausbruchs ein.
3. Nur Sorten mit labiler Sommerresistenz lassen teilweise eine beträchtliche Anfälligkeitssteigerung des Gelbrostbefalls nach *Tilletia*-Infektion erkennen.

Eine weitere Gruppe kann, da sie jegliche Resistenz gegenüber den geprüften Gelbrostrassen bereits im „Normalzustand“ vermissen läßt, in ihrer Befallsintensität kaum gesteigert werden und wird es auch durch Steinbrandinfektion nicht mehr.

Der bei den einzelnen Aussaaten erzielte Steinbrandbefall reicht, wie die in den Tabellen angegebenen Brandprozente ausweisen, in jedem Falle zu einem Vergleich zwischen brandigen und normalen Pflanzen hinsichtlich ihres Gelbrostverhaltens aus. Nur im Jahre 1938 wurde auf die Auszählung verzichtet; schätzungsweise betrug hier der Steinbrandbefall je nach Sorte mehr als 60% und steigerte sich auf fast 100%. Vor allem bewährte sich die Herbstaussaat der Sommerweizen, da hierbei bestimmte Sorten wie Heines Kolben ein wesentlich höheres Steinbrandprozent aufweisen als bei der gewöhnlichen Frühjahrsaussaat. Wenn der Weizen Ridit wider Erwarten noch ein geringes Brandprozent erkennen läßt, so mag dies damit zusammenhängen, daß diese Sorte genetisch nicht einheitlich ist.

¹⁾ Es sind in den beiden Tabellen nur die Ergebnisse der Bonitierung zusammengestellt, bei der das älteste Entwicklungsstadium erstmals Befallsunterschiede zwischen brandigen und normalen Parzellen zeigte. Im Jahre 1937 war bereits am 5. Juni der höchste Befall erreicht.

Die stärkste Erhöhung der Gelbrostanfälligkeit nach Steinbrandinfektion finden wir in allen Jahren bei Strubes Dickkopf-Winterweizen, an dem bekanntlich Lang (9) schon vor 20 Jahren seine ersten Feststellungen über die rosterhöhende Wirkung der Steinbrandinfektion machen konnte. Eine ähnliche Befallssteigerung finden wir auch bei Carstens V nach Infektion mit Gelbrostrasse 7. Wenn daneben noch Weizensorten mit ziemlich stabiler Sommerresistenz wie Criewener 104 teilweise eine Steigerung des Pustelausbruches aufweisen, so fällt diese doch nicht so sehr ins Gewicht wie gerade bei den vorher erwähnten Sorten. Über die bei einigen Sorten erzielte Befallssteigerung mit *Puccinia glumarum* unterrichtet auch noch Abbildung 1.

Durch besonders auffallende Gelbfärbung der Blattspreiten brandiger Pflanzen, ohne daß es dabei zu Pustelausbrüchen kam, zeichneten sich verschiedene Sorten aus, während andere dagegen fast normale Blattfarbe behielten (vergl. Tabelle 5). Bei den am stärksten verfärbten Sorten wie Heine II und Mauerner Dickkopf waren im Jahre 1938 sämtliche Blätter, einschließlich der Flügelblätter, quittengelb; es ist aber interessant zu beobachten, daß diese Sorten bereits im „Normalzustand“ deutliche Blattverfärbungen und -vergilbungen aufweisen. Inwieweit in solchen Fällen auch der Gelbrostausbruch gestört werden kann, läßt sich schwer entscheiden.

Die Resistenzminderung ist nicht nur bei den einzelnen Weizensorten, sondern auch in den verschiedenen Jahren Schwankungen unterworfen. So ist die Anfälligkeitssteigerung im Sommer 1936 beträchtlicher als im Sommer 1937, ebenso wie auch die Steigerung im Plan der Rasse 7 etwas stärker ist als bei Rasse 2. Am feinsten reagieren hierbei wieder die Sorten mit labiler Sommerresistenz.

Dies wird noch deutlicher, wenn wir einige unserer älteren Beobachtungen heranziehen. So waren verschiedene brandanfällige Weizensorten, wie Strubes Dickkopf, Rimpaus Bastard, Baltikum, Peragis Sommerweizen u. a. bereits in den Jahren 1930 bis 1933 auf Gelbrostverhalten (Rasse 4) nach Steinbrandinfektion beobachtet. Trotzdem der Kontrollweizen Michigan Bronze, der alljährlich diese Versuche umschloß, mit und ohne Brandbefall stets schwere Pustelausbrüche zeigte, blieben die betreffenden Weizensorten nach dem Schossen fast frei von *Puccinia glumarum*; ebenso konnte aber auch auf den mit Steinbrand infizierten Pflanzen — das Befallsprozent betrug vielfach über 90 % — kein nennenswerter Gelbrostausbruch beobachtet werden. Nur im Sommer 1930 kam es auf einigen gegen Gelbrostrasse 4 anfälligen Sommerweizen nach dem Ährenaustritt zu eindeutiger Befallssteigerung; es waren dies Roter Schlanstedter, Hohenheimer 25 f und Stadlers weißspelziger, wie aus Tabelle 6 hervorgeht. Peragis Sommerweizen zeigte in diesem Jahre keine Befallserhöhung. In den 2 folgenden Jahren wurden aber die Unterschiede auf den erwähnten Sorten nicht wieder beobachtet.

Nach diesen Feststellungen läßt sich auch die Frage, ob es bei Steinbrandinfektion möglich ist, zu einer zuverlässigen Beurteilung des

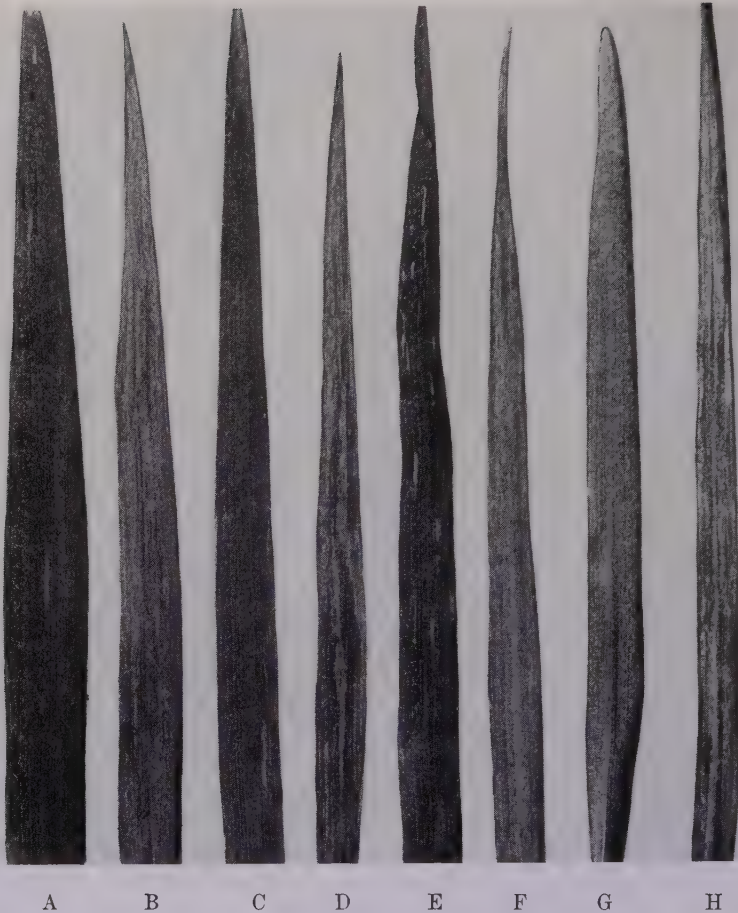


Abb. 1.

Einfluß der Steinbrandinfektion auf den Befall der Blattspreiten
verschiedener Weizensorten durch *Puccinia glumarum*, Rasse 7.
(Vergleiche hierzu auch Tabelle 3.)

Flügelblätter von:

- A Strubes Dickkopf, normal: einzelne schmale Infektionsstreifen mit schwacher Pustelbildung.
- B Strubes Dickkopf, brandig: zusammenhängender Pustelbesatz.
- C Peragis Sommerweizen, normal: einzelne schmale Infektionsstreifen mit schwacher Pustelbildung.
- D Peragis Sommerweizen, brandig: ausgedehnte nekrotische Streifen und mäßig starker Pustelbesatz.
- E Rimpaus Bastard, normal: einzelne nekrotische Streifen mit winzigen Pusteln.
- F Rimpaus Bastard, brandig: lebhafte Gelbfärbung (Marmorierung), keine Pustelbildung.
- G Criewener 104, normal: befallsfrei.
- H Criewener 104, brandig: einzelne Infektionsstreifen (schmale Nekrosen mit kleinen Pusteln).

Beachte auch das schmalere Blatt brandkranker Pflanzen im Vergleich zum normalen.

Gelbrostverhaltens des Weizens im Freiland zu kommen, mit einiger Sicherheit beantworten. Unsere Versuche zeigen, daß wir nach Steinbrandinfektion noch keine absolut sichere Gewähr erhalten, daß der maximale Befallsgrad im Freiland erreicht wird, weil sich die gelbrosterhöhende Wirkung der Steinbrandinfektion graduell in den einzelnen Jahren verschieden auswirkt, ganz abgesehen davon, daß das Zustandekommen der Gelbrostinfektion von dem Vorhandensein von Rostsporen abhängig ist. Andererseits besteht aber kein Zweifel, daß wir nach Steinbrandinfektion in manchen Jahren und bei bestimmten Weizensorten zu einer wesentlichen Verstärkung des Gelbrostausbruches kommen können, was vor allem im Hinblick auf die Beurteilung der absoluten Resistenz von Bedeutung sein muß, weil diese, soweit auf Grund der vorliegenden Befunde geschlossen werden darf, nicht durchbrochen wird. Wir sind daher auch in der Lage, Steinbrand- und Gelbrostprüfungen gleichzeitig vorzunehmen, denn die Gefahr, daß wir auf diese Weise zu einer zu strengen Beurteilung des Gelbrostverhaltens kommen, ist gering.

Tabelle 6.

**Einfluß der Steinbrandinfektion auf den Gelbrostbefall
verschiedener Sommerweizensorten.**

Anzucht der Pflanzen bis zum Dreiblattstadium bei 10–14° im Gewächshaus unter gleichzeitiger künstlicher Infektion mit *Puccinia glumarum*, Rasse 4. Anschließend Auspikieren ins Freiland (11. April 1930).

Gelbrostbonitierung (und Brandauszählung) am 2. Juli. Die angegebenen Befallswerte stellen die Mittel der Einzelbeobachtung von etwa 100 Pflanzen je Sorte dar.

Weizensorte	Gelbrostbefallsstärke			Höhe des Steinbrand- befalles (Pflanzen) %	Infektions- typus von Keim- pflanzen im Gewächs- haus bei 12—15° (<i>Puccinia glumarum</i> Rasse 4)
	Steinbrandparzelle		Kontroll- parzelle		
	Normale Pflanzen	Brand- kranke Pflanzen			
Peragis Sommerweizen . . .	0	0,1	0	86	IV
Roter Schlanstedter	0,6	2,5	0,6	69	IV
Hohenheimer 25 f	0,9	2,6	0,7	50	IV
Stadlers weißspeltziger . . .	0,2	1,1	0,2	55	IV
Janetzkis früher	1,5	1,5	1,5	3	III?
Hörnings grüne Dame	—	0,1	0	25	IV
Heines Kolben	0	0	0	3	0
v. Rümkers Sommerdickkopf	0	0	0	69	0

In größeren Parzellen hatte ich gleichzeitig in den Jahren 1936 und 1937 noch Gelegenheit, flugbrandkranke Pflanzen (Santa Fé-Weizen und Roter Schlanstedter Sommerweizen) auf ihre Gelbrostanfälligkeit hin zu beobachten. Obwohl Roter Schlanstedter, wie gezeigt, durch Steinbrand-

infektion eine deutliche Gelbroststeigerung erfahren kann, ließen sich ähnliche Beobachtungen bei Flugbrandinfektion nicht machen.

Ferner habe ich in den Brand-Rostversuchen noch darauf geachtet, ob bei Infektion mit *Puccinia triticina* und *Puccinia graminis* ähnliche Befallsverschiebungen eintreten wie bei *Puccinia glumarum*. *Puccinia triticina* trat in verschiedenen Versuchsjahren von selbst auf den meisten der geprüften Weizensorten im Juli allgemein und auch ziemlich stark auf; ein Unterschied zwischen brandigen und normalen Pflanzen ließ sich jedoch nicht feststellen. *Puccinia graminis* zeigte sich nur schwach, eine Befallssteigerung blieb aus. Es ist natürlich möglich, daß die geprüften Weizensorten keine spezifische Reaktionsverschiebung gegenüber diesen Rostarten und ihren Rassen erfahren, daß vielmehr, ähnlich wie bei *Puccinia glumarum*, nur bei bestimmten und vornehmlich „feldresistenten“ Sorten eine Befallssteigerung eintritt; die Wahrscheinlichkeit hierfür muß aber besonders bei *Puccinia triticina* auf Grund meiner Beobachtungen als gering angesehen werden.

Die Frage, in welcher Weise die gelbrosterhöhende Wirkung der *Tilletia*-Infektion bei brand- und gelbrostanfälligen wilden Gräsern epidemiologische Bedeutung erlangen kann (vergl. u. a. Fischer, 5) bedürfte noch weiterer Untersuchung.

Schließlich sollte noch ein experimenteller Beitrag zu den Ursachen der Verschiebung der Gelbrostanfälligkeit nach Steinbrandinfektion geliefert werden. Nach Kurssanow (8) ist die Kohlendioxidassimilation flugbrandkranker Weizenpflanzen gegenüber derjenigen normaler Pflanzen erhöht, die Menge der gespeicherten Kohlehydrate ist in beiden Fällen etwa dieselbe oder bei brandigen Pflanzen ein wenig höher. Auf Grund dieser Ergebnisse habe ich im Jahre 1936 bei den geprüften Weizensorten an den normalen Pflanzen die Ähren kurz nach ihrem Austritt aus der Blattscheide entfernt, so daß also eine Abwanderung der Kohlehydrate aus den in erster Linie von Gelbrost infizierten Blättern zu den reproduktiven Organen unterbunden wurde. Hätten wir dann bei solchen gekappten Pflanzen dieselben Befallsverhältnisse durch *Puccinia glumarum* wie bei den brandigen Pflanzen erhalten, so wäre der Schluß berechtigt, daß bei den letzteren die Kohlehydratzufuhr eine geringere ist. Bei keiner der so behandelten Weizensorten (Strubes Dickkopf, Peragis Sommerweizen, Orieuener 104 oder Rimpaus Bastard) wurde aber nach der Entfernung der Ähre eine Befallsveränderung durch *Puccinia glumarum* erzielt, so daß also auf diese Weise keine Erklärungsmöglichkeit für die Verschiedenheiten im Gelbrostverhalten gewonnen werden kann.

Inwieweit die von Kurssanow bei flugbrandkranken Pflanzen nachgewiesene erhöhte Atmung und Transpiration etwa ursächlich an der Steigerung des Gelbrostbefalls nach Steinbrandinfektion beteiligt ist, bedürfte weiterer Untersuchung. Mir scheint, daß vor allem der relative

Stickstoffgehalt der Blattspreiten und Ähren steinbrandkranker Pflanzen ein höherer ist als derjenige normaler, und daß dadurch auch die Fruktifikationsmöglichkeit des Gelbrostpilzes gesteigert wird.

Zusammenfassung.

1. Es wurde experimentell die Frage geprüft, in welchem Ausmaß sich die von Lang zuerst nachgewiesene Erhöhung der Gelbrostanfälligkeit des Weizens nach Steinbrandinfektion bei verschiedenen Weizensorten und Gelbrostrassen vollzieht, und ob wir bei Brandpflanzen Resistenz und Anfälligkeit der Weizensorten gegen *Puccinia glumarum* im Freiland sicherer erkennen können als bei normalen Pflanzen.
2. Keimpflanzen sowie Pflanzen jüngeren Entwicklungsstadiums zeigten keine Veränderung des Infektionstypus und der Befallsstärke. Erst nach Beginn des Schossens der Weizenpflanze konnte teilweise deutliche Resistenzminderung gegenüber *Puccinia glumarum* nach Infektion mit *Tilletia tritici* beobachtet werden, die besonders stark nach der Blüte in Erscheinung trat.
3. Immunität und absolute Resistenz des Weizens gegenüber *Puccinia glumarum* wurden durch Steinbrandinfektion in keinem Fall durchbrochen; auch stabile Sommerresistenz verminderte sich nur in geringem Maße. Die rostfördernde Wirkung der *Tilletia*-Infektion beschränkte sich hauptsächlich auf Weizensorten mit labiler Sommerresistenz, d. h. auf Sorten, die zwar in vorgeschrittenen Entwicklungsstadien in der sommerlichen Jahreszeit eine mehr oder weniger starke Befallsverminderung erfahren, die aber nicht immer gleichmäßig hervortritt. Weizensorten, die keine Sommerresistenz besitzen, wurden auch durch Steinbrandinfektion in ihrer Gelbrostanfälligkeit nicht weiter beeinflusst.
4. Die Gelbrostanfälligkeit der labil sommerresistenten Weizensorten wird zwar nach *Tilletia*-Infektion unter Umständen merklich erhöht, doch vollzieht sich die Steigerung in den einzelnen Jahren ebenfalls in verschiedenem Ausmaß, und sie kann bisweilen vollständig fehlen. Auch bei Steinbrandinfektion läßt sich demnach allein der positive Befund zur Beurteilung des Gelbrostverhaltens der Weizensorten mit Sicherheit auswerten. Da aber die Wahrscheinlichkeit, daß wir bei Brandpflanzen Gelbrostbefall erhalten, im Durchschnitt der Jahre größer ist als bei normalen Pflanzen, so stellt die Steinbrandinfektion eine Verbesserung der Selektionsmöglichkeiten hinsichtlich des Gelbrostverhaltens dar, und wir können dadurch vor allem bei brandanfälligen Sorten labile Sommerresistenz gegenüber *Puccinia glumarum* sicherer erfassen.

Schriftenverzeichnis.

- 1 Armstrong, S. F. The mendelian inheritance of susceptibility and resistance to yellow rust (*Puccinia glumarum*) Erikss. and Henn. Journ. Agric. Research (England), **12**, 1922, 57—96.
- 2 Calniceanu, C. Beiträge zur Resistenzzüchtung gegen *Puccinia triticea* Erikss. Kühn-Archiv, **37**, 1933, 58—90.
- 3 Dillon Weston, W. A. R. The incidence and intensity of *Puccinia glumarum* Erikss. and Henn., on wheat infected and non-infected with *Tilletia tritici* Winter, showing an apparent relationship between the susceptibility of wheat plants to yellow rust and to bunt. The Annals of Applied Biology, **14**, 1927, 105—112.
- 4 Dillon Weston, W. A. R. Observations during 1927—28 on the incidence of "rusts" on various selected varieties, with special reference to the intensity of yellow rust, *Puccinia glumarum*, Erikss. and Henn. The Annals of Applied Biology, **16**, 1929, 533—541.
- 5 Fischer, G. W. The susceptibility of certain wild grasses to *Tilletia tritici* and *Tilletia levis*. Phytopathology, **26**, 1936, 876—886.
- 6 Gaßner, G. und Straib, W. Experimentelle Untersuchungen zur Epidemiologie des Gelbrostes. Phytopath. Zeitschrift, **7**, 1934, 285—302.
- 7 Hart, Helen. Morphologic and physiologic studies on stem rust resistance in cereals. U. S. D. A. Bull. 266, 1931.
- 8 Kourssanow, M. A. L. De l'influence de l'*Ustilago tritici* sur les fonctions physiologiques du froment. Revue générale de Botanique, **40**, 1928, 277—302 und 343—371.
- 9 Lang, W. Über die Beeinflussung der Wirtspflanze durch *Tilletia tritici*. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten, **27**, 1917, 80—99.
- 10 Rabien, H. Über Keimungs- und Infektionsbedingungen von *Tilletia tritici*. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt, **15**, 1927, 297—353.
- 11 Sampson, Kathleen, and Davies, D. W. The influence of *Tilletia tritici* (Bjerk.) Wint. and *Tilletia levis* Kühn on the growth of certain wheat varieties. The Annals of Applied Biology, **14**, 1927, 83—104.
- 12 Schlehuber, A. M. Studies in the effect of bunt, *Tilletia tritici* and *Tilletia levis*, on wheat. Phytopathol. Zeitschrift, **10**, 1937, 614—632.
- 13 Straib, W. Untersuchungen über das Vorkommen physiologischer Rassen des Gelbrostes (*Puccinia glumarum*) in den Jahren 1935/36 und über die Aggressivität einiger neuer Formen auf Getreide und Gräsern. Nachschrift: Unterschiede in der Keimungsweise der Uredosporen physiologischer Rassen von *Puccinia glumarum*. Arbeiten aus der Biologischen Reichsanstalt, **22**, 1937, 91—119.
- 14 Straib, W. Untersuchungen zum Verlauf der Herbstinfektion und Überwinterung des Gelbrostes auf Weizen und Gerste. Phytopathol. Zeitschrift, **11**, 1938, 331—359.
- 15 Straib, W. Der Einfluß des Entwicklungsstadiums und der Temperatur auf das Gelbrostverhalten des Weizens. Phytopathol. Zeitschrift, **12**, 1938.
- 16 Straib, W. In: Tätigkeitsbericht der Biologischen Reichsanstalt für das Jahr 1937, Landw. Jahrbücher 1938.

- 17 Viennot-Bourgin, G. Les déformations parasitaires provoquées par les Ustilaginées. Supplément de la Société de Pathologie végétale et d'entomologie agricole de France. Paris 1937, (Librairie E. le François).
 - 18 Vilkaitis, V. (Brand des Weizens, *Tilletia tritici* [Bjerk.] Wint.) Kosmos (Lithuania), 1930, p. 359—369. Vergl. auch "The Review of Applied Mycology", **10**, 1931, 372—373.
 - 19 Vilkaitis, V. (Ist brandiger Weizen weniger resistent gegen Gelbrost?) Pamphlet issued by Akc. "Spindulio" Spaustuve, Kaunas, 1931. Litauisch mit deutscher Zusammenfassung. Vergl. auch "The Review of Applied Mycology", **10**, 1931, 589.
 - 20 Volk, A. Einflüsse des Bodens, der Luft und des Lichtes auf die Empfänglichkeit der Pflanzen für Parasiten. Phytopath. Zeitschrift, **3**, 1931, 1—100.
 - 21 Welsh, J. N. The effect of smut on rust development and plant vigour in oats. Scient. Agric., Ottawa, **13**, 1932, 154—164.
-

Über die Wirkung von Bor und Mangan auf das Wachstum der Maispflanze.

Von

W. Schropp und B. Arenz.

Mit 8 Abbildungen.

I. Einleitung.

Von den Untersuchungen über die Wirkung der „Spurenelemente“ auf das Pflanzenwachstum nehmen jene über den Einfluß des Bors und Mangans weitaus den größten Umfang ein. Im Gegensatz zu den drei Pflanzenfamilien, den Leguminosen, den Solanaceen und Chenopodiaceen wurden die Gramineen, mit Ausnahme des Hafers, bisher in wesentlich geringerem Ausmaße in diese Forschungen einbezogen. Im besonderen ist diese Feststellung beim Mais zu treffen.

Die ersten Versuche mit Bor stellte W. Knop¹⁾ 1885 an. In Wasserkulturen wirkten 85 mg B als Borsäure giftig. Bei den Wasserkulturversuchen von E. Hotter (1) 1890 äußerte sich die physiologische Wirkung des Bors zunächst nicht in einer allgemeinen Erkrankung der ganzen Pflanze, sondern es entstanden an bestimmten abgegrenzten Stellen im Blattgewebe als „Flecken“ bezeichnete gebleichte Partien. Die Aufnahme sehr kleiner Bormengen verursachte keine nennenswerten Wachstumsstörungen, dagegen veranlaßten größere Mengen die Zerstörung des Chlorophyllfarbstoffes und Absterben der Wurzeln. Mit zunehmenden Bormengen in der Nährlösung nahmen die Krankheitserscheinungen zu und die Bildung organischer Substanz ab. Die untere Schädlichkeitsgrenze des Bors war bei einer Konzentration von 10 mg je Liter noch nicht erreicht. Agulhon (2) stellte 1910 bei Freilandversuchen durch Anwendung von 0,5 g Bor je m² Versuchsfläche = 5 kg je ha eine Ertragssteigerung bis zu 50 % fest. In späteren Versuchen (3) wurde beobachtet, daß die Maispflanze sich an verhältnismäßig hohe Borkonzentration anpassen könne und diese erhöhte Resistenz auf die nächste Generation übertragen wird(?). Die seinerzeitigen Beobachtungen Hotters (1) über die Fleckenbildung auf den Blättern infolge Einwirkung von Bor konnte E. Haselhoff (4) 1913 bestätigen und in Wasserkultur-

¹⁾ Knop, W. Über die Aufnahme verschiedener Substanzen durch die Pflanze, welche nicht zu den Nährstoffen gehören. Berichte der Akademie der Wissenschaften, Leipzig, 37, 1885, 39–54. (Nachtrag).

versuchen die schädliche Grenze bei 1 mg B je Liter Nährlösung feststellen. P. Mazé (5) beobachtete 1919 eine günstige Wirkung des Bors und schloß daraus auf eine Unentbehrlichkeit dieses Elementes, obwohl bei dessen Abwesenheit Schäden nicht erkennbar waren. In Gefäßversuchen von Neller und Morse (6) 1921 erwies sich der Mais im Jugendwachstum gegen Bor empfindlicher als im fortgeschrittenen Wachstumsstadium. Im Freiland führten Borgaben bis zu 5 lbs. je acre zu Ertrags erhöhungen, wenn diese genügend tief in den Boden eingebracht wurden. Die gleiche Menge oder höhere Gaben wirkten jedoch nachteilig, wenn sie gleichzeitig bei der Saat gegeben wurden und mit den Maiskörnern direkt in Berührung kamen. Eine günstige Wirkung im freien Felde mit 0,5 mg B als Borsäure je m² wurde auch durch A. Cusumano (7) 1925 erzielt. Wasserkulturversuche von Brenchley und Warrington (8) 1927 zeigten eine deutliche Förderung des vegetativen Wachstums durch Bor, jedoch war es infolge der ungünstigen Jahreszeit der Versuchsdurchführung nicht möglich, die Versuche so lange durchzuführen, um entscheiden zu können, ob das Bor unentbehrlich sei oder nicht. Pettinger, Henderson und Wingard (9) stellten 1932 bei Sandkulturen an Mais als Folge des Bormangels Sterilität der reproduzierenden Organe fest, die durch Borzugabe beseitigt werden konnte. Scharrer und Schropp (10) führten 1932 Wasserkulturversuche mit steigenden Borgaben als H₃BO₃ durch und ermittelten nach 28 tägiger Versuchsdauer folgende Erträge.

Düngungsart	Sprossgewicht trocken	Trockenmasse %	Wurzelgewicht trocken	Pflanzenlänge cm	Anfangs-pH	End-pH
Kontrolle	100,00 (9,18 g)	6,52	100,00 (2,90 g)	78,2	4,80	7,08
0,000001 mg B	108,17	6,52	110,34	84,9	4,80	7,04
0,1 mg B	106,43	6,73	117,24	82,7	4,80	7,22
10,0 mg B	87,15	7,09	85,52	78,0	4,80	6,86

Wie die Ergebnisse zeigen, dürfte für diesen Wachstumsabschnitt (Jugendwachstum!) des Maises die günstigste Borkonzentration zwischen 0,000001 und 0,1 mg B gelegen haben, 10,0 mg B je Liter wirkten bereits deutlich giftig. Bei den Pflanzen ohne Bor waren außer einer etwas helleren Farbe keine weiteren Unterschiede weder am Sproß noch an der Wurzel gegenüber den Pflanzen mit Bor erkennbar. Weitere Versuche mit steigenden Borgaben als Borsäure von K. Scharrer und W. Schropp (11) in Gefäßen auf Quartärdecklehm 1933 brachten eine Bestätigung der Ergebnisse der Wasserkulturversuche. Die Gefäße enthielten 14 kg Boden, die Düngung betrug je Gefäß 3,0 g N als Ca (NO₃)₂, 0,5 g N als NaNO₃, 2,26 g P₂O₅ und 3,0 g K₂O als K₂HPO₄. Die Ernte brachte nach einer Versuchsdauer von 107 Tagen folgende Ergebnisse:

Düngungsart	Trockenmasse g	Trockenmasse ‰	Verhältnis- zahlen
Volldüngung, V	162,50 ± 5,99	16,14	100,00
V + 0,60 mg B	183,87 ± 8,77	14,97	113,15
V + 1,20 mg B	164,93 ± 5,59	16,50	101,50
V + 1,80 mg B	192,94 ± 6,83	15,59	118,73

Die Borwirkung war deutlich, nahm jedoch mit Steigerung der Borgabe nicht in einheitlicher Weise zu. Der Gabe von 1,80 mg B je Gefäß entsprach eine Borgabe von 0,128 mg je kg Boden. Auch hier waren bei den Pflanzen der borfreien Volldüngung außer einer etwas helleren Farbe keine weiteren Unterschiede gegenüber den Pflanzen mit Bor zu beobachten.

Van Overbeck (12) stellte Wasserkulturversuche mit steigenden Borgaben von 0,1; 1,0; 5,0; 10,0 mg H_3BO_3 unter Verwendung der Nährlösung nach v. d. Crone und gleichzeitiger Zugabe von 5 mg $MnSO_4$ je Liter Nährlösung an. Nach vierwöchiger Versuchsdauer traten auf den Blättern der Pflanzen ohne Bor lange, weiße und durchsichtige Streifen auf, die Blätter der Pflanzen mit Bor blieben vollkommen gesund. Andere Erscheinungen des Bormangels ließen sich nicht beobachten, das Wurzelwachstum war nur schwach gehemmt. Als Bestkonzentration für den Mais gibt dieser Forscher für das Keimlingsstadium 0,1 mg B je Liter Lösung an, die jedoch nach ungefähr 6 Wochen Wachstum auf 1,0 mg B zu erhöhen ist. Die Unmöglichkeit, bei den Versuchen von Brenchley und Warrington (8) die Unentbehrlichkeit des Bors nachzuweisen, erklärt der gleiche Forscher mit der ungünstigen Jahreszeit (Winter), bei der, bedingt durch die Kürze der Tage, die Auswirkung des Bormangels nicht so deutlich sei. Taber Eltinge (13) beobachtete 1936 bei Bormangel eine Braunfärbung der Wurzeln. M. P. Löhnis (14) teilt mit, daß sie 1937 bei von J. J. Lehr in Wageningen durchgeführten Versuchen zu Mais ebenfalls weiße Streifen auf den Blättern als Folge des Bormangels beobachten konnte, eine Schädigung des Wurzelwachstums hingegen nicht eintrat.

Überblickt man die mit Absicht in zeitlicher Reihenfolge angeführten Arbeiten, so schälen sich zwei wichtige Fragen deutlich heraus, nämlich die Frage der Dosierung und die Frage der Versuchstechnik. Die Dosierung hat von Knop's Versuchen 1885 bis zur Gegenwart eine Verminderung um fast das 870-fache, wenigstens für das Jugendwachstum des Mais, erfahren, und es hat sich weiterhin gezeigt, daß unsere Versuchspflanze im fortgeschrittenen Wachstumsstadium größerer Bormengen bedarf. Dies ist gleichzeitig ein Hinweis auf die Frage der Versuchstechnik. Abgesehen von Einzelfragen der Versuchstechnik, auf die noch später eingegangen werden muß, zeigt es sich, daß zum mindesten bei Borversuchen mit Gramineen die Anstellung von sog. kurzfristigen Versuchen

kaum zur klaren Beantwortung der gestellten Fragen führen dürfte. Die von A. L. Sommer und H. Sorokin (15) ausgesprochene Vermutung, daß die Dikotylen stärker auf Bormangel ansprechen als die Monokotylen, sucht man auch durch die Analysen der Pflanzen auf Bor zu stützen. So enthalten nach F. Terlikowski und B. Nowicki (16) die Getreidearten wesentlich geringere Bormengen als die Dikotylen (0,1 — 0,3 mg B je kg Trockensubstanz gegenüber bis zu 18 mg je kg Trockenmasse). Über ähnliche Unterschiede berichtet auch M. P. Löhnis (14). G. Bertrand und De Waal (17) stellten von verschiedenen Pflanzen, die alle auf dem gleichen Boden gewachsen waren, den Borgehalt fest und kamen u.a. zu folgenden Ergebnissen.

Pflanzenart	Milligramm B je Kilogramm Trockenmasse
Gerste	2,3
Roggen	3,1
Weizen	3,3
Mais	5,0
Erbse	21,7
Bohne	43,0
Kohlrübe	49,2
Runkelrübe	75,6

Es erscheint verständlich, daß die Übereinstimmung der Befunde über den verschieden hohen Borgehalt einzelner Pflanzenarten zu Rückschlüssen über die Borbedürftigkeit Anlaß gibt. Offen gehalten muß jedoch die Frage werden, ob der rein mengenmäßige Unterschied in der Boraufnahme immer in gerader Beziehung zu den Aufgaben des Bors in der Pflanze steht. Wird diese Frage bejaht, dann müßte dem Bor für die Monokotylen eine wesentlich geringere Bedeutung zukommen als für die Dikotylen. In der obigen Übersicht weist der Mais unter den untersuchten Monokotylen den höchsten Borgehalt auf.

Hinsichtlich des Mangans und dessen Bedeutung für den Mais liegen im Gegensatz zum Hafer bis jetzt verhältnismäßig wenig Untersuchungen vor. P. Mazé (18), der 1914 bei Mais eine durch Mangankmangel verursachte Chlorose feststellte, hält dies Element, ebenso wie W. B. Bishop (19), für diese Pflanze für unbedingt notwendig. In einer sehr sorgfältigen Arbeit konnten G. Samuel und C. S. Piper (20) 1929 neben einer großen Reihe von Kulturpflanzen auch für den Mais die Unentbehrlichkeit des Mangans nachweisen. Um zu vermeiden, daß durch die käuflichen Eisensalze Mangan in die Nährlösung gebracht wird, bereiteten sie sich manganfreies Eisen und führten es als Ferrizitrat ein. Das Mangan wurde in Form von $\text{MnSO}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ zugegeben. Der Mangan-

mangel setzte schon im Keimlingsstadium ein. Die Erscheinungen des Manganmangels beschreiben die ebengenannten Forscher ebenso wie Pettinger (9) 1932 als eine Chlorose. Die Blätter werden gelb, die Nerven bleiben grün, die Pflanzen erhalten dadurch ein gesprenkeltes bzw. gestreiftes Aussehen. Später treten Nekrosen auf mit brauner Färbung, die Blattspitzen sterben ab, und die Pflanzen stellen das Wachstum ein. Miller (21), der 1933 neben anderen Pflanzen auch Mais, der unter Manganmangel litt, untersuchte, fand einen wesentlich niedrigeren Gehalt an reduzierendem Zucker. Er schließt daraus, daß dem Mangan eine wichtige Rolle bei der Kohlenhydratbildung und dem Zuckerstoffwechsel zukommt. Von T. E. Odland und F. K. Crandall (22) in den Jahren 1929—1931 nach der Half-plat-Methode durchgeführte Feldversuche, in die auch Zuckermais einbezogen war, ergaben eine sehr beachtliche günstige Wirkung des Mangans sowohl bei dessen Anwendung auf gekalktem als auch auf ungekalktem Boden. K. Scharrer und W. Schropp (23) führten 1933 Sand- und Wasserkulturversuche mit steigenden Mangan-gaben durch. Die Verhältniszahlen der Ernteerträge zeigt nachstehende Uebersicht:

Düngungsart	Verhältniszahlen		
	Keimungs- versuch in Sandkultur Spross- gewicht	Wasserkultur Spross- gewicht	Wasserkultur Wurzel- gewicht
Kontrolle	100,00 (9,76 g)	100,00 (1,49 g)	100,00 (0,56 g)
10 ⁻¹⁰ Milliäqu. Mn. . . .	89,96	125,68	119,64
10 ⁻⁸ Milliäqu. Mn. . . .	93,85	93,70	96,43
10 ⁻⁷ Milliäqu. Mn. . . .	86,99	—	—
10 ⁻⁶ Milliäqu. Mn. . . .	106,56	89,69	89,29
10 ⁻⁵ Milliäqu. Mn. . . .	104,71	102,65	98,21
10 ⁻⁴ Milliäqu. Mn. . . .	105,74	93,99	91,07
10 ⁻³ Milliäqu. Mn. . . .	98,16	—	—
10 ⁻² Milliäqu. Mn. . . .	95,80	111,78	117,86
10 ⁻¹ Milliäqu. Mn. . . .	102,05	130,09	137,50
1,0 Milliäqu. Mn. . . .	93,32	103,77	100,00
10,0 Milliäqu. Mn. . . .	45,70	28,98	35,71

Das Mangan wurde bei sämtlichen Versuchen als $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ zugeführt. Bei dem Keimungsversuch in Sandkultur haben die drei niedrigen Gaben von 10⁻¹⁰ bis 10⁻⁷ Milliäqu. Mn den Ertrag an Grünmasse nachteilig beeinflußt. Im Gegensatz hierzu liegen die Erntegewichte bei 10⁻⁶ bis einschließlich 10⁻⁴ über jenen von Kontrolle. Bei 10⁻³ und 10⁻² fällt der Ertrag leicht ab, steigt bei 10⁻¹ schwach über jenen von Kontrolle und fällt bei 1,0 wieder deutlich ab. Bei 10,0 Milliäqu. Mn hat eine starke Schädigung stattgefunden. Zu den Wasserkulturversuchen wurde die Nähr-

Lösung nach Richter mit 0,06 % Mohrschem Salz als Eisenquelle verwendet. Am günstigsten auf das Sproßtrockengewicht zeigten sich 10^{-1} , 10^{-10} und 10^{-2} Milliäqu., durch welche Konzentrationen Ertragssteigerungen erzielt werden konnten. Da durch 10^{-8} , 10^{-6} und 10^{-4} Milliäqu. Mn das Sproßgewicht deutlich geschädigt wurde, sind mithin auch hier wieder zwei Optima der Manganwirkung festzustellen. 1,0 Milliäqu. ergab noch den Wert der Kontrolle, während 10,0 Milliäqu. eine sehr starke Schädigung verursachten. Das Wurzelgewicht wurde ähnlich wie das Sproßgewicht beeinflusst. Ein Ersatz des Eisens durch Mangan war nicht möglich.

II. Die eigenen Untersuchungen.

Für die weiteren eigenen Untersuchungen, die sich die Aufgabe gestellt hatten, den Einfluß von Bor und Mangan zu prüfen, bildeten den Ausgangspunkt die guten Erfolge, die bei Versuchen von W. Schropp und K. Scharrer (24) mit der A-Z-Lösung nach Hoagland (25) erzielt wurden. Bei Wasserkulturen wurden folgende Erträge festgestellt:

Düngungsart	Sproßgewicht trocken g	Trockenmasse %	Wurzelgewicht trocken g	Verhältniszahlen	
				Sproßgewicht	Wurzelgewicht
Kontrolle	16,65	9,34	1,82	100,00	100,00
A-Z, a.	21,93	10,33	3,37	131,71	185,16

Bei den Pflanzen in Kontrolle wurde Chlorose beobachtet, während die Pflanzen in A-Z, a eine gesunde grüne Farbe zeigten. Das Sproßgewicht wurde um 31,71 %, das Wurzelgewicht um 85,16 % gesteigert.

Wie aus der untenstehenden Uebersicht zu entnehmen ist, nehmen in der ursprünglichen A-Z-Lösung nach Hoagland, als A-Z-a bezeichnet, Bor und Mangan der Menge nach den ersten Platz ein, und es lag deshalb der Gedanke nahe, neben der Wirkung der gesamten Lösung auch jene ihrer Bestandteile Bor und Mangan allein zu prüfen. Da von Hoagland inzwischen eine weitere A-Z-Lösung, Lösung b, zusammengestellt wurde, wurde die Prüfung dieser Lösung ebenfalls in die Versuche eingeschlossen. Die Zusammensetzung dieser Lösungen zeigt folgende Uebersicht:

A-Z. Lösung a).

18 000 ccm H_2O

1,0 g $Al_2(SO_4)_3$.
0,5 g KJ.
0,5 g KBr
1,0 g TiO_2
0,5 g $SnCl_2 \cdot 2H_2O$
0,5 g LiCl
7,0 g $MnCl_2 \cdot 4H_2O$

A-Z. Lösung b).

18 000 ccm H_2O

0,1 g As_2O_3
0,5 g $BaCl_2$
0,1 g $CdCl_2$
0,1 g $Bi(NO_3)_3$
0,1 g Rb_2SO_4
0,5 g K_2CrO_4
0,1 g Kf

A—Z. Lösung a).18 000 ccm H₂O

11,0 g	H ₃ BO ₃
1,0 g	ZnSO ₄
1,0 g	CuSO ₄ · 5H ₂ O
1,0 g	NiSO ₄ · 6H ₂ O
1,0 g	Co(NO ₃) ₂ · 6H ₂ O

A—Z. Lösung b).18 000 ccm H₂O

0,1 g	PbCl ₂
0,1 g	HgCl ₂
0,5 g	MoO ₃
0,1 g	H ₂ SeO ₄
0,5 g	SrSO ₄
0,1 g	H ₂ WO ₄
0,1 g	VCl ₂

Die Anwendung der A-Z-Lösungen ist von Hoagland im Sinne von sog. Ergänzungslösungen, worauf wohl auch der Name zurückzuführen ist, zu Wasserkulturen gedacht, bei denen als Grundnährlösung eine beliebige vollständige, d. h. eine alle nach der bisherigen Ansicht als unentbehrlich geltenden Nährstoffe enthaltende Nährlösung verwendet wird. Auf je 1 Liter Nährlösung sollten je 1 ccm dieser Zusatzlösungen gegeben werden. Unter Zugrundelegung dieser Menge belaufen sich die B- und Mn-Mengen jeweils auf 0,1 mg je Liter Nährlösung, Mengen, die auch bei den eigenen Versuchen verwendet wurden.

Die Versuche wurden als Wasser- und Sandkulturversuche durchgeführt. Über die Versuchstechnik werden folgende Angaben gemacht. Für die Wasserkulturversuche wurden sog. Mipolam-Gefäße¹⁾ aus Polystyrol-Kunstharz benutzt, die im Gegensatz zu Gefäßen aus Glas oder Email, wie Vorversuche ergaben, als weitgehend frei von Spurenelementen anzusprechen sind. Da Gefäße in der für Wasserkulturen meist üblichen zylindrischen Form nicht zur Verfügung standen, wurden viereckige Behälter, die sonst für Stromsammler dienen, verwendet. Bei der geringen Anzahl von Gefäßen mußten wir uns mit 2 Gefäßen je Vergleichsgruppe begnügen. Die Gefäßdeckel bestanden aus dem gleichen Werkstoff und waren mit 6 Öffnungen zum Einsetzen der Pflanzen versehen. Die Pflanzen wurden mit Schwammgummi befestigt. Zu den Sandkulturversuchen (4 Gefäße je Versuchsgruppe) wurden Glasstutzen von 1 Liter Inhalt verwendet, die schon seit mehreren Jahren zu Versuchen benutzt und vorher längere Zeit in verdünnte Salzsäure gelegt wurden. Sie wurden auf der Außenseite mit einem schwarzen Anstrich zur Verhütung des Algenwachstums versehen, auf welchem noch ein Anstrich mit weißer Farbe (jeweils synthetische Lacke) als Wärmeschutz aufgebracht wurde. Der Sand, ein aus der Grube Schnaittenbach, Oberpfalz, stammender Quarzsand mit 0—2 mm Körnung wurde vor Gebrauch längere Zeit in verdünnte Salzsäure eingebracht und hierauf mit destilliertem Wasser bis zum Verschwinden der Chlorreaktion ausgewaschen. Zur Bereitung der Nährlösungen und zum Begießen der Sandkulturen wurde destilliertes

¹⁾ Herrn Dr. O. Flieg, Landwirtschaftliche Versuchsstation Limburgerhof, sind wir für die Überlassung dieser Gefäße zu großem Dank verpflichtet.

Wasser verwendet, das mit einem verzinnten Destillationsapparat hergestellt wurde. Als Grundnährlösung wurde eine von uns abgeänderte Lösung nach von der Crome folgender Zusammensetzung benutzt: 1000 ccm H_2O , 0,25 g $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, 0,50 g $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 1,25 g NaNO_3 , 0,2 g KH_2PO_4 , 0,25 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 0,5 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,86 g K_2SO_4 . Die Änderung gegenüber der ursprünglichen Zusammensetzung besteht im Ersatz des KNO_3 durch NaNO_3 und K_2SO_4 sowie des in genügender Reinheitsstufe nicht erhältlichen $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$ durch das Puffergemisch nach Sörensen, bestehend aus KH_2PO_4 und $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Das Eisen wurde als Eisenphosphatgemisch nach Duggar (Dinatriumphosphat und Eisenzitrat) in wiederholten kleineren Gaben eingebracht. Die A-Z-Lösung a nach Hoagland wurde sowohl allein als auch zusammen mit der A-Z-Lösung b gegeben. Den Gruppen ohne Bor und ohne Mangan wurde jeweils die A-Z-Lösung, a ohne Bor bzw. ohne Mangan zugeführt. Der Mais, gelber badischer Landmais, Hochzucht, wurde in die Sandkulturversuche direkt eingesät, für die Wasserkultur wurde er im Sägmehlkeimbeet vorgezogen und beim Übertragen in die Nährlösung des Endospermes beraubt. Über die einzelnen Zeiten der Versuchsdurchführung unterrichtet nachstehende Zusammenstellung:

Versuch	Saat	Auflauf	Übertragen in die Nährlösung	Ernte	Versuchs- dauer Tage
Wasserkultur . . .	18. August	24. August	30. August	12. November	75
Sandkultur	28. August	3. September	—	25. November	89

1. Wasserkulturversuch zu Mais.

Wachstumsbeobachtungen: 30. September. Vier Wochen nach Versuchsbeginn war der Stand der Pflanzen in Kontrolle gegenüber dem in den beiden A-Z-Lösungen, die unter sich gleichwertig erschienen, nur um Geringes zurück. Deutlich zurück dagegen war der Stand der Pflanzen bei der Düngungsart ohne Bor. Teilweise war auf den Blättern eine Abschuppung der Epidermis zu erkennen. Auch die Spitzen der jüngeren Blätter waren braun verfärbt. Noch stärker zurück waren die Pflanzen in den Lösungen ohne Mangan. Die Farbe war etwas heller.

26. Oktober. Die Unterschiede im Stand der Pflanzen zwischen den einzelnen Düngungsarten sind nunmehr sehr groß. Sowohl die Pflanzen in Kontrolle wie auch in der A-Z-Lösung a, ohne Bor, lassen sehr deutlich den Bormangel erkennen. Die Blätter sind zum Teil eingerollt, stark klebrig und zeigen lange weiße und durchsichtige Streifen auf der Blattspreite. Das Wachstum der jüngsten Blätter ist stark gehemmt, zum Teil fast unterbunden. Die oben beschriebenen Erscheinungen sind bei den Pflanzen in der A-Z-Lösung a, ohne Bor, stärker ausgeprägt als bei den

Pflanzen in Kontrolle. Das Wachstum der Pflanzen in der A-Z-Lösung a wie auch in der A-Z-Lösung b ist ausgezeichnet, und die Pflanzen sind vollkommen gesund. In der Vergleichsgruppe mit A-Z-Lösung b sind die Pflanzen eines Gefäßes im Wachstum weniger gut ausgeglichen als bei der A-Z-Lösung a. Das Wachstum der Pflanzen in der A-Z-Lösung a, ohne Mangan, war ebenfalls sehr gehemmt. Die Pflanzen waren stark chlorotisch, die jüngsten Blätter sind fast weiß gefärbt und stark verkrüppelt und an ihrer Entfaltung vollkommen verhindert. In der Wurzelentwicklung waren fast keine Unterschiede festzustellen. Die Ausbildung des Wurzelnetzes war so stark, daß dieses die Gefäße vollkommen ausfüllte. Da unter diesen Umständen eine Ergänzung des verbrauchten Wassers bzw. eine Erneuerung der Nährlösung Schwierigkeiten bereitet hätte, wurde der Versuch abgebrochen. (Abb. 1).



Abb. 1.

Wasserkulturversuch zu Mais.

Die eigenartige Form des Wurzelnetzes rührt von der viereckigen Form der Mipolamgefäße her. Die Pflanzen in der A-Z-Lösung a + b erscheinen durch den ungleichmäßigen Wuchs größer als die Pflanzen in der A-Z-Lösung a.

Die Ernteergebnisse dieses Versuches sind in Tafel 1 zusammengestellt. Das höchste Sproßgewicht wurde in der A-Z-Lösung a erzielt. Die zusätzliche Gabe der A-Z-Lösung b hat das Wachstum des Maises beeinträchtigt, was auch in einem niedrigeren Sproßtrockengewicht zum Ausdruck kommt. Bei den Pflanzen in Kontrolle hat sich der Bor-Mangel auf das Sproßtrockengewicht nicht so stark ausgeprägt wie bei den Pflanzen in der A-Z-Lösung a, ohne Bor. Das Sproßgewicht dieser Versuchsgruppe steht gegenüber Kontrolle um 10% zurück. Die Zugabe der A-Z-Lösung a hat das Sproßgewicht gegenüber Kontrolle um 28,13% erhöht, durch das Fehlen des Bors in der A-Z-Lösung a wurden die Erträge gegenüber der vollständigen A-Z-Lösung um mehr als 38% erniedrigt. Der Mangan-

Tafel 1.
Ernteergebnisse und Ergebnisse der chemischen Untersuchungen bei dem Wasserkulturversuch zu Mais.

Düngungsart	Sproß- Trockenmasse g	Trockenmasse %	Gesamt N des Sprosses %	Eiweiß N des Sprosses %	Rohprotein g	Reinprotein g	Wurzel Trockenmasse g	Trockenmasse %	Verhältniszahl Kontrolle = 100				N-Ausnützung %	Anfangs-pH	End-pH
									Sproßgewicht	Rohprotein- menge	Reinprotein- menge	Wurzel- gewicht			
Kontrolle	12,76 ± 0,38	14,58	0,97	0,80	0,77	0,63	5,52 ± 0,01	83,52	100,00	100,00	100,00	100,00	53,33	6,74	5,75
A-Z, a.	16,35 ± 0,64	13,18	0,84	0,73	0,86	0,75	5,28 ± 0,14	87,64	128,13	111,69	119,05	95,65	62,22	6,62	4,52
A-Z, a+b	13,50 ± 0,54	12,22	0,92	0,77	0,78	0,65	4,47 ± 0,27	84,26	105,80	101,30	103,17	80,98	53,33	6,64	6,74
A-Z, ohne Bor . .	11,47 ± 0,20	14,67	0,82	0,71	0,59	0,51	4,02 ± 0,08	60,59	89,89	76,62	80,95	72,83	40,00	6,49	5,72
A-Z, ohne Mn . .	12,35 ± 1,45	13,29	0,96	0,77	0,74	0,59	4,59 ± 0,17	91,90	96,79	96,10	93,65	83,15	53,33	6,74	7,19

Tafel 2.
Ernteergebnisse des Sandkulturversuches zu Mais.

Düngungsart:	Spross Trockenmasse g	± gegen Kontrolle	Trockenmasse %	Verhältnis- zahlen Kontrolle = 100	Endreaktion pH
Kontrolle	15,92 ± 0,79	—	15,92	100,00	5,50
A-Z, a.	19,71 ± 1,29	+ 3,79	17,90	123,81	5,50
A-Z, a+b	16,17 ± 0,74	+ 0,25	16,75	101,57	5,56
A-Z, ohne Bor . .	13,74 ± 0,84	- 2,18	19,00	86,31	5,72
A-Z, ohne Mn. . .	13,45 ± 0,99	- 2,47	17,54	84,48	5,67

mangel hat sich in der A-Z-Lösung a, ohne Mangan, gegenüber der A-Z-Lösung a zwar ebenfalls ungünstig ausgewirkt, jedoch nicht so stark wie der Bormangel. Das Wurzelgewicht war am höchsten bei Kontrolle und wurde durch die A-Z-Lösung a um 4,35 % erniedrigt. Wesentlich größer war die Schädigung durch die Zufuhr der A-Z-Lösung b zur A-Z-Lösung a; hier trat eine Senkung des Wurzelgewichtes gegenüber Kontrolle um rund 19 % ein. Der nachteilige Einfluß der A-Z-Lösung b war etwas größer als das Fehlen des Mangans in der A-Z-Lösung a, die Verminderung des Wurzelgewichtes gegenüber Kontrolle beläuft sich hier auf 16,85 %. Das geringste Wurzelgewicht des ganzen Versuches wurde bei den Pflanzen in der A-Z-Lösung a, ohne Bor, erzielt. Es ist um 23,17 % niedriger als jenes von Kontrolle.



Abb. 2.

Sandkulturversuch zu Mais.

Bei Kontrolle und besonders A—Z, ohne Bor wurde das Rispschieben verzögert bzw. unterbunden, die Ährchen selbst waren verkümmert und die Blätter steril. Bei A—Z, ohne Mn wurde das Rispschieben lediglich verzögert, die Ährchen und Blüten waren meist vollkommen ausgebildet. Die Pflanzen in A—Z, a, schoßten regelmäßig, die Ährchen und Blüten waren vollkommen ausgebildet.

An den oberirdischen Teilen des Maises wurde der Gehalt an Gesamt-Stickstoff sowie an Eiweiß-Stickstoff bestimmt. Die höchsten Prozentgehalte an Gesamt-Stickstoff sind bei Kontrolle und bei A-Z-Lösung a, ohne Mangan, festzustellen, dann folgen in abnehmender Reihenfolge A-Z-Lösung a + b, A-Z-Lösung a und zuletzt A-Z-Lösung a, ohne Bor. Die höchsten prozentischen Gehalte an Eiweiß-N sind bei Kontrolle und im

geringen Abstand hiervon bei A-Z-Lösung a + b sowie A-Z-Lösung a, ohne Mangan, zu erkennen. Bei A-Z-Lösung a allein ist eine weitere Verminderung zu beobachten, der niedrigste Prozentgehalt an Eiweiß-N ist bei der A-Z-Lösung a, ohne Bor, festzustellen. Anhand dieser Analysenzahlen wurden die absolute Rohproteinmenge wie auch die Reinproteinmenge berechnet. Die höchste Rohproteinmenge wurde bei der A-Z-Lösung a erzielt, die um 11,69% höher ist als jene der Kontrolle. Die Rohproteinmenge bei den A-Z-Lösungen a + b zusammen wurde gegenüber Kontrolle nur um 1,30% erhöht. In den Pflanzen der A-Z-Lösung a, ohne Mangan,



Abb. 3.

Blütenstände bei dem Sandkulturversuch zu Mais.

Von links nach rechts. Kontrolle: Ährchen verkümmert, keine Stamina.

A—Z, ohne Bor:

Rispenschieben verhindert, Ährchen verkümmert, keine Stamina.

A—Z, mit Bor:

Normale Rispe mit vollständig ausgebildeten Ährchen und Staubbeutel.

ist die Rohproteinmenge um 3,90% geringer als bei Kontrolle, bei den Pflanzen in der A-Z-Lösung a, ohne Bor, beträgt hingegen der Unterschied gegenüber Kontrolle 23,38%. Die Reinproteinmenge geht im Ganzen parallel dem Ertrag an Rohprotein, wobei jedoch die Steigerung, die durch die A-Z-Lösung a gegenüber Kontrolle mit 19,05% erzielt wurde, höher ist als die Steigerung der Rohproteinmenge bei der gleichen Düngungsart. Auch bei den A-Z-Lösungen a + b zusammen wurde eine etwas größere

Steigerung der Reinproteinmenge gegenüber Kontrolle hervorgerufen. Der Minderertrag an Reinprotein ist bei der A-Z-Lösung a, ohne Mangan, größer als der Minderertrag an Rohprotein der gleichen Düngungsart; bei der A-Z-Lösung a, ohne Bor, ist das umgekehrte der Fall. Anhand der Bestimmungen des prozentischen Gehaltes an Gesamt-Stickstoff wurde auch die N-Ausnutzung berechnet, d. h. es wurde festgestellt, in welchem Verhältnis die im Sproß enthaltenen Mengen an Gesamt-Stickstoff zu dem

Stickstoffgehalt der Nährlösung stehen. Die Zahlen für die N-Ausnutzung ergeben, daß, gleichlaufend mit den Ernterträgen, die beste Verwertung der N-Zufuhr durch die Pflanzen in der A-Z-Lösung a erfolgte. Etwas niedrigere Werte wurden, untereinander gleich, bei den Versuchsgruppen Kontrolle, A-Z, a + b sowie A-Z, ohne Mangan, ermittelt. Die niedrigste N-Ausnutzung war bei den Pflanzen in der A-Z-Lösung a, ohne Bor, festzustellen. Die Anfangsreaktionen der Nährlösungen waren verhältnismäßig gut ausgeglichen, ausgenommen die Lösung in der Gruppe mit A-Z-Lösung a, ohne Bor, die etwas saurer war als die übrigen Nährlösungen. Die Feststellung der pH-Werte bei Versuchsende läßt sehr große Unterschiede zwischen den einzelnen Nährlösungen erkennen. Die Reaktionen der Nährlösungen mit dem Zusatz der A-Z-Lösung a + b sowie der Nährlösung mit A-Z-Lösung, ohne Mangan, sind deutlich in das alkalische Gebiet verschoben worden. Bei den Lösungen von Kontrolle sowie der Nährlösung mit A-Z-Lösung a, ohne Bor, fand hingegen eine deutliche Verschiebung in



Abb. 4.

Blatt einer Maispflanze ohne Bor mit langen, breiten, weißen und durchsichtigen Streifen als Folge des Bormangels.

das saure Gebiet statt. Am stärksten jedoch war diese Verschiebung bei der Nährlösung mit A-Z-Lösung a.

2.) Sandkultur zu Mais.

Wachstumsbeobachtungen: 30. September. Der beste Pflanzenbestand bei diesem Versuch ist bei den beiden Gruppen mit der A-Z-Lösung a sowie mit den A-Z-Lösungen a + b zu beobachten. Die Pflanzen mit Kontrolle sind im Wachstum etwas zurück und zeigen bei sämtlichen Pflanzen Bräunung und Abtrocknen der Blattspitzen. Weiter zurück als

Kontrolle sind die Pflanzen in der Gruppe A-Z-Lösung a, ohne Bor. Es ist bei diesen Pflanzen die gleiche Bräunung der Blattspitzen sowie eine weitaus stärkere Neigung zum Welken (verminderter Turgor) festzustellen. Die Pflanzen in der Gruppe ohne Mangan blieben im Wachstum früher und weiter zurück als die Pflanzen ohne Bor. Die Blätter sind eingerollt und stark chlorotisch.

26. Oktober. Die Unterschiede haben sich wesentlich verstärkt. Wiederum ist der Stand der Pflanzen in den beiden A-Z-Lösungen der beste, wobei jedoch die Pflanzen in der A-Z-Lösung a etwas besser zu bewerten sind als die Pflanzen in der A-Z-Lösung a + b. Die Pflanzen in Kontrolle und in A-Z-Lösung a, ohne Bor, lassen eine verstärkte Behinderung des Wachstums erkennen. Auf den Blättern der Pflanzen in diesen beiden Gruppen sind lange, breite, weiße und durchsichtige Streifen festzustellen. Diese Streifen fehlen auf den Blättern der Pflanzen der übrigen Versuchsgruppen vollständig und sind demnach als Auswirkungen des Bormangels anzusprechen. (Abb. 4). Die Pflanzen in der A-Z-Lösung a, ohne Mangan, bleiben im Höhenwachstum weiter zurück.

10. November 1937. Der Versuch ist nun in einen sehr interessanten Abschnitt, den Zeitpunkt des Rispen-schiebens, getreten. Das Rispen-schieben vollzog sich bei den Pflanzen in der A-Z-Lösung a, sowie A-Z-Lösung a + b vollkommen regelmäßig und ohne Störung. Bei den Pflanzen in A-Z-Lösung a, ohne Mangan, war das Rispen-schieben zeitlich etwas verzögert, vollzog sich jedoch sonst ohne weitere Störungen. Bei den Pflanzen in Kontrolle war bei einem Teil der Pflanzen eine zeitlich sehr starke Verzögerung, bzw. ein völliges Unterbinden des Rispen-schiebens feststellbar. Bei den Pflanzen in der A-Z-Lösung a, ohne Bor, bereitete hingegen das Rispen-schieben den Pflanzen die größten Schwierigkeiten. Bei einem Großteil der Pflanzen in dieser Versuchsgruppe konnte die Rispe nur zur Hälfte hervortreten und blieb schließlich in den sie umhüllenden Blättern auf halbem Wege stecken (Abb. 2). Eine weitere Untersuchung der Blütenstände ergab, daß diese bei den Pflanzen in Kontrolle sowie in A-Z-Lösung a, ohne Bor, vollkommen verkümmerte Aehrchen trugen und Stamina überhaupt nicht ausgebildet wurden. Die Blütenstände bei den Pflanzen in A-Z-Lösungen waren sowohl bei der A-Z-Lösung a wie auch in der Gruppe mit den A-Z-Lösungen a + b vollkommen normale Rispen mit vollständig ausgebildeten Aehrchen und Staubbeuteln (Abb. 3). Bei den Pflanzen mit A-Z-Lösung a, ohne Mangan, waren wesentliche Unterschiede der Blütenstände gegenüber jenen in den A-Z-Lösungen mit Mangan nicht feststellbar.

Bei der Ernte des Versuches wurden von den Pflanzen der Versuchsgruppen Kontrolle, A-Z-Lösung a, A-Z-Lösung a, ohne Bor, und A-Z-Lösung a, ohne Mangan, Blattproben zur mikroskopischen Untersuchung entnommen. Die Blattquerschnitte wurden bei einer 160 fachen Ver-

größerung gezeichnet.¹⁾ Wie aus den Abbildungen 5 bis 8 zu ersehen ist, bestehen zwischen den einzelnen Versuchsgruppen große Unterschiede. So zeigen die Blattquerschnitte der Blätter von den Pflanzen in A-Z-Lösung a, mit Bor, sowie in A-Z-Lösung a, ohne Mangan, eine vollkommen regelmäßige Ausbildung des Blattgewebes (Abb. 6 und 8), die Blätter der Pflanzen von Kontrolle sowie von A-Z-Lösung a, ohne Bor, lassen jedoch starke Schäden erkennen. An all den Stellen, auf welchen auf den Blättern die weißen, durchsichtigen und streifenförmigen Flecken feststellbar waren, waren die Zellen der Mittelschicht meist ohne Chlorophyll und zum großen Teil kollabiert, das Blatt war infolgedessen an diesen Stellen wesentlich dünner (Abb. 5 und 7).

Die Ernteergebnisse dieses Versuches sind in Tafel 2 zusammengestellt. Die Beeinflussung des Sproßtrockengewichtes war fast gleich jener des Wasserkulturversuches. Das höchste Sproßgewicht wurde bei Pflanzen mit A-Z-Lösung a erzielt. Gegenüber Kontrolle wurde hier der Ertrag um 23,81 % erhöht. Die Zugabe der A-Z-Lösung b zur A-Z-Lösung a hat einen nachteiligen Einfluß ausgeübt, der Ertrag wurde gegenüber Kontrolle nur um 1,57 % gesteigert. Der Bor- und Mangangel hat sich fast in gleichheitlicher Weise sehr nachteilig auf die Erträge ausgewirkt. Durch den Mangel an Bor wurden gegenüber Kontrolle die Erträge um 13,69 %, gegenüber A-Z-Lösung a um 37,50 % erniedrigt. Es hat sich also auch bei diesem Versuch der Bor-Mangel bei der Zugabe der A-Z-Lösung ohne Bor stärker ausgewirkt als bei Kontrolle. Bei dem Wegfall des Mangans wurden die Erträge in der A-Z-Lösung a, ohne Mangan, gegenüber Kontrolle um 15,52 %, gegenüber A-Z-Lösung a um 39,33 % erniedrigt. Die Reaktion des Sandes wies bei Versuchsende verhältnismäßig geringe Unterschiede auf, bei den Düngungsarten ohne Bor und ohne Mangan war die Reaktion in geringerem Ausmaße in das saure Gebiet verschoben worden als bei den übrigen Versuchsgruppen.

In beiden Versuchen wirkte sich der Mangel an Mangan zeitlich früher aus als der Mangel an Bor. Während sich der Mangel an Mangan neben einer allgemeinen Wachstumshemmung und Auftreten einer starken Chlorose und einer zeitlichen Verschiebung des Rispschiebens bemerkbar machte, äußerte sich der Bormangel im fortgeschrittenen Wachstum in wesentlich ausgeprägterem Maße. Neben den weitgehenden Veränderungen des Blattgewebes wurde bei Mangel an diesem Element das Rispschieben stark verzögert bzw. unterbunden. Die Ährchen waren verkümmert, Staubbeutel wurden nicht gebildet. Dem Bor kommt demnach für das generative Wachstum des Maises eine so ausschlaggebende

¹⁾ Die mikroskopische Untersuchung sowie die Zeichnungen wurden von Herrn Dr. R. Beyerle, Botanische Staatsanstalten München, nunmehr Pillnitz, durchgeführt, wofür auch an dieser Stelle bestens gedankt wird.

Bedeutung zu, daß es wohl mit Recht für diese Pflanze als ein unentbehrliches Element angesprochen werden kann.

Bemerkenswert ist ferner, daß sich ebenfalls in bester Übereinstimmung bei beiden Versuchen, der Mangel an Bor und Mangan bei gleichzeitiger Verwendung der A-Z-Lösung a. ohne Bor und ohne Mangan,

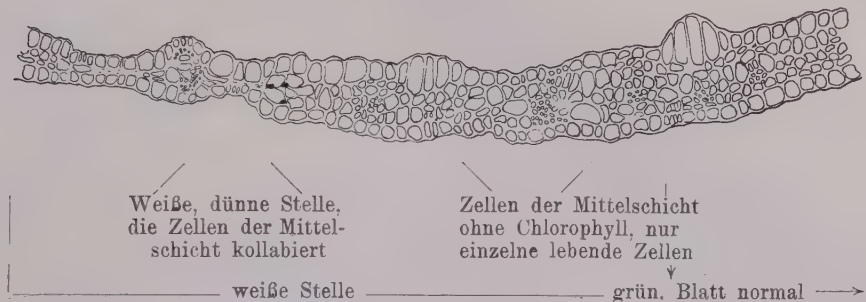


Abb. 5.
Blatt von Kontrolle, ohne Bor.



Blatt normal, Schnitt mehr gegen den Rand zu.
Abb. 6.
Blatt von A-Z. a. mit Bor.

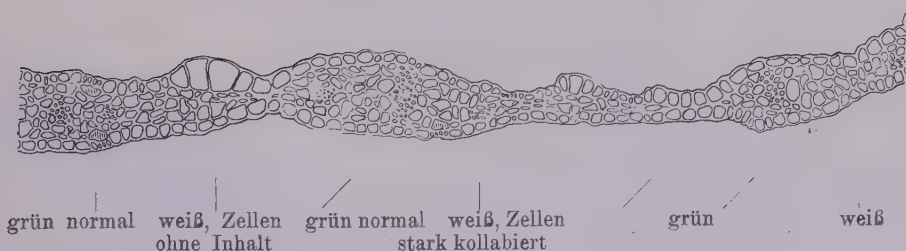


Abb. 7.
Blatt von A-Z, a ohne Bor.



Blatt normal, Schnitt mehr gegen die Mitte zu.
Abb. 8.
Blatt von A-Z, a ohne Mangan.

Abb. 5—8: Blattquerschnitte von dem Sandkulturversuch zu Mais.
Vergrößerung 160 fach.

auf die Erträge und das zeitliche Auftreten der Mangelercheinungen z. Teil stärker bemerkbar machte als bei Kontrolle. Inwieweit hier die „Harmonie der Nährstoffe“, also Fragen des Synergismus und Antagonismus der Ionen, wobei nunmehr auch die Spurenelemente einzubeziehen sind, eine Rolle spielen, muß durch weitere Versuche geprüft werden.

Hinsichtlich der Versuchstechnik gaben die beiden Versuche eine deutliche Bestätigung der schon bei der Besprechung des Schrifttums erwähnten Forderung, Versuche mit Spurenelementen, bes. zu Gramineen nicht zu kurze Zeit durchzuführen. Wäre bei der vorliegenden Untersuchung lediglich der Wasserkulturversuch allein angestellt worden, der früher als beabsichtigt abgebrochen werden mußte, so wäre es unmöglich gewesen, den maßgeblichen Einfluß des Bors auf die generative Wachstumsphase zu erkennen.

III. Zusammenfassung.

1. Es wurden Wasser- und Sandkulturversuche zu Mais mit den vollständigen A-Z-Lösungen a und b nach Hoagland sowie der A-Z-Lösung a ohne Bor und ohne Mangan durchgeführt. Die Bor- und Mangangabe belief sich bei diesen Untersuchungen auf je 0,1 mg je Liter Nährlösung bzw. je Liter Gefäßinhalt.
2. Durch die A-Z-Lösung a wurde in der Wasserkultur gegenüber Kontrolle das Sproßgewicht um 28,13 %, in der Sandkultur um 23,81 % erhöht, das Wurzelgewicht (nur in der Wasserkultur festgestellt) hingegen in geringem Ausmaße erniedrigt. Die A-Z-Lösungen a + b zusammen wirkten nicht so günstig, die A-Z-Lösung b war für das Wachstum des Mais nachteilig.
3. Der Mangel an Bor verursachte neben einer allgemeinen Wachstumshemmung tief eingreifende Störungen in der Entwicklung und Ausbildung der generativen Organe. Das Rispschieben wurde verzögert bzw. fast völlig unterbunden, die Ährchen waren verkümmert, Staubbeutel wurden nicht gebildet. Auf den Blättern wurden lange, weiße durchsichtige Streifen festgestellt. Die mikroskopische Untersuchung ergab weitgehende Veränderungen des Blattgewebes. Das Bor ist demnach als ein für den Mais unentbehrliches Element anzusprechen, dessen Mangel sich besonders auf das generative Wachstum nachteilig auswirkt.
4. Der Mangel an Mangan äußerte sich ebenfalls durch eine allgemeine Wachstumshemmung und das Auftreten einer starken Chlorose. Die Störung der generativen Wachstumsphase wie beim Mangel an Bor war hingegen nicht festzustellen, jedoch trat der Manganmangel im Jugendwachstum früher auf als der Mangel an Bor.
5. Durch die Zufuhr von Spurenelementen wurde der prozentische Stickstoffgehalt des Sprosses im Vergleich zu Kontrolle erniedrigt.

Der niedrigste Wert wurde bei den Pflanzen in A-Z-Lösung a, ohne Bor, festgestellt, während bei A-Z Lösung a, ohne Mangan, fast der Wert der Kontrolle erreicht wurde. Die gleichen Feststellungen konnten hinsichtlich des prozentischen Gehaltes an Eiweißstickstoff getroffen werden. Die absoluten Mengen an Rohprotein gingen den Ernteerträgen gleich. Die absoluten Reinproteinmengen erfuhren im Vergleich mit Kontrolle eine größere relative Steigerung als die entsprechenden Mengen an Rohprotein. Der Mangel an Bor erniedrigte die Erträge an Roh- und Reinprotein stärker als der Mangel an Mangan.

6. Die N-Ausnützung war am günstigsten bei den Pflanzen mit der A-Z-Lösung a, während bei Kontrolle, A-Z-Lösung a + b und A-Z-Lösung a, ohne Mangan, eine gleichheitliche Verringerung eintrat. Die niedrigste N-Ausnützung wurde bei der A-Z-Lösung a, ohne Bor, festgestellt.
7. Hinsichtlich der Versuchstechnik weisen die Ergebnisse gebietserisch auf die Notwendigkeit langfristiger Versuchsdurchführung bes. bei Untersuchungen über den Einfluß der Spurenelemente auf Gramineen hin.

Schriftenverzeichnis.

- 1 Hotter, E. Über das Vorkommen des Bors im Pflanzenreich und dessen physiologische Bedeutung. Landw. Versuchsstationen, **37**, 1890, 437—458.
- 2 Agulhon, H. Emploi du bore comme engrais catalytique. Comptes rendus Acad. Sci. **150**, 1910, 288—291 cit. nach Dennis, R. W. G. and O'Brien, D. B., Boron in Agriculture. Research bulletin Nr. 5. The West of Scotland agricultural college 1937.
- 3 Agulhon, H. Accoutumance du Mais au bore. Comptes Rendus Acad. Sci., **151**, 1910, 1382—1383.
- 4 Haselhoff, E. Über die Einwirkung von Borverbindungen auf das Pflanzenwachstum. Landw. Versuchsstation, **79**, 1913, 399—429.
- 5 Mazé, P. Recherche d'une solution purement minérale capable d'assurer l'évolution complète de Mais cultivé à l'abri des microbes. Ann. Inst. Past., **33**, 1919, 139.
- 6 Neller, J. R. and Morse, S. J. Effects upon the growth of potatoes, corn and beans resulting from the addition of borax to the fertilizer used. Soil. Science, **12**, 1921, 79—131.
- 7 Cusumano, A. Stazione sper. agrar. Ital., **58**, 1925, 440.
- 8 Brenchley, W. C. and Warington, K. The role of boron in the growth of plants. Ann. of Bot., **41**, 1927, 167—186.
- 9 Pettinger, N. A., Henderson, R. G. and Wingard, S. A. Some nutritional disorders in corn grown in sand cultures. Phytopath., **22**, 1932, 33—51.
- 10 Scharrer, K. und Schropp, W. Sand- und Wasserkulturversuche über die Wirkung des Bors auf Keimung und Jugendwachstum einiger Kulturpflanzen. Zeitschrift für Pflanzenernährung. Düngung und Bodenkunde, **28 A**, 1933, 313—329.
- 11 Scharrer, K. und Schropp, W. Beiträge zur Frage der Wirkung des Bors auf das Pflanzenwachstum. Landw. Jahrbücher, **79**, 1934, 977—999.

- 12 Van Overbeck, J. Die Symptome des Bormangels bei *Zea mays*. Mededeelingen van het Phytopathologisch Laboratorium „Willie Commelin Scholten“ Baarn XIII, 1934, 29—32.
 - 13 Taber Eltinge, E. Effect of boron deficiency upon the structure of *Zea mays*. Plant Phys., **11**, 1936, 765.
 - 14 Löhnis, M. P. Plant development in the absence of boron. Mededeelingen van de Landbouwhoogeschool te Wageningen (Nederland). Deel 41, Verhandeling 3, 1937.
 - 15 Sommer, A. L. and Sorokin, H. Plant Physiol., **3**, 1928, 237.
 - 16 Terlikowski, F. and Nowicki, B. The boron content of some soils, plants and potassium fertilizers. Roczn. Nank. Roln (Polish Agr. Forest. Ann.), **28**, 1932, 135—144.
 - 17 Bertrand, G. and de Waal, L. Recherches sur la teneur comparative en bore de plantes cultivées sur le même sol. Ann. Agron., **6**, 1936, 537—541.
 - 18 Mazé, P. C. r. Soc. Biol. (Paris) **77**, 1914, 539, Ann. Inst. Past., **28**, 1914, 21.
 - 19 Bishop, W. B. Austral. Journ. Exp. Biol. Med. Sci., **5**, 1928, 125.
 - 20 Samuel, G. and Piper, C. S. Manganese as an essential element for plant growth. Ann. Appl. Biol., **16**, 1929, 493—524.
 - 21 Miller, L. P. Effect of manganese deficiency on the growth and sugar content of plants. Am. Journ. Bot., **20**, 1933, 621—631.
 - 22 Odland, T. E. and Crandall, F. K. The effect of the lack of available manganese in the soil on crop yields. Journ. Amer. soc. agron., **24**, 1932, 622—626.
 - 23 Scharrer, K. und Schropp, W. Wasser- und Sandkulturversuche mit Mangan. Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde, **36 A**, 1934, 1—15.
 - 24 Schropp, W. und Scharrer, K. Wasserkulturversuche mit der A-Z-Lösung nach Hoagland. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, **78**, 1933, 544—563.
 - 25 Hoagland, D. R. and Snyder, W. C. Nutrition of strawberry plant under controlled conditions: (a) Effects of deficiencies of boron and certain other elements; (b) susceptibility to injury from sodium salts. Proc. of the Am. Soc. f. Hort. Sci., **30**, 1933, 288—294.
-

Aus der Staatsanstalt für Pflanzenschutz, Wien.

Die „Gelbfleckigkeit“ der Kartoffelknollen.

Von

Hans Wenzl.

Mit 7 Abbildungen.

Mannigfache physiologische Störungen treten in den Kartoffelknollen auf und werden in Form pathologischer Farbstoffbildungsprozesse oder als lokale Nekrosen sichtbar; sie setzen den Speisewert oft beträchtlich herab: Eisenfleckigkeit, Kringerkrankheit, Pfropfenbildung, Hohlherzigkeit und Braunmarkigkeit, Schwarzherzigkeit, Graufleckigkeit und Schwarzkochen.

Die vorliegende Mitteilung berichtet über eine neue, nach der überaus charakteristischen Erscheinungsform „Gelbfleckigkeit“ benannte nichtparasitäre Erkrankung, die vor allem durch die Ausbildung intensiv gelber Farbstoffe im Stärkeparenchym gekennzeichnet ist.¹⁾ Zwar zeigen sich bestimmte gemeinsame Züge mit der bereits seit langem bekannten Eisenfleckigkeit, doch machen es das Krankheitsbild wie auch die biochemischen Eigenheiten nötig, die vorliegende Erscheinung bereits in der Bezeichnung von anderen möglicherweise verwandten nichtparasitären Krankheiten zu unterscheiden.

Der Ausdruck „Gelbfleckigkeit“ wurde allerdings von Appel (1927) bei der Kartoffel schon für eine ganz andere Erscheinung, die Buntlaubigkeit, verwendet. Durch die Unterscheidung von „Gelbfleckigkeit der Knollen“ gegenüber „Gelbfleckigkeit des Laubes“ wird es wohl leicht möglich sein, Verwechslungen zu vermeiden. Für die beschriebene Krankheit war jedenfalls kein ähnlich guter und charakteristischer Ausdruck zu finden.

Die Gelbfleckigkeit der Knollen dürfte streng sortenspezifisch auftreten: bis jetzt wurde sie ausschließlich bei der gelbfleischigen Sorte „Kipfler“ festgestellt.

I. Das Krankheitsbild.

Das Material (Sorte Kipfler), an dem die Gelbfleckigkeit erstmalig festgestellt und genauer untersucht wurde, entstammte der Ernte 1936 von einem leichten sandigen Boden der nächsten Umgebung Wiens. Nur eine Menge von kaum 3 kg kranker Knollen stand für die Unter-

¹⁾ Eine kurze vorläufige Mitteilung, die sich nur mit dem äußeren Krankheitsbild beschäftigte, erschien in „Die Landeskultur“ (Wien) 1937, Nr. 8.

suchung zur Verfügung; ein beträchtlicher Teil der auf der verhältnismäßig kleinen Anbaufläche geernteten Kartoffeln erwies sich völlig gesund, das Stärkeparenchym war vollkommen normal ausgebildet.

Die erkrankten Knollen zeigen beim Durchschneiden unregelmäßig verteilt, verschieden große, tief chromgelb (dottergelb) verfärbte Flecken, die sich von dem umgebenden gesunden, ganz schwach gelblichen Gewebe scharf unterscheiden (Abb. 1). Im durchfallenden Licht sind an dünnen Schnitten die kranken Stellen wäßrig durchscheinend und heben sich dadurch deutlich von dem weißlich-opaken gesunden Gewebe ab. Die Größe dieser erkrankten unregelmäßig kugeligen Teile, die meist allseits von gesundem Speicher-

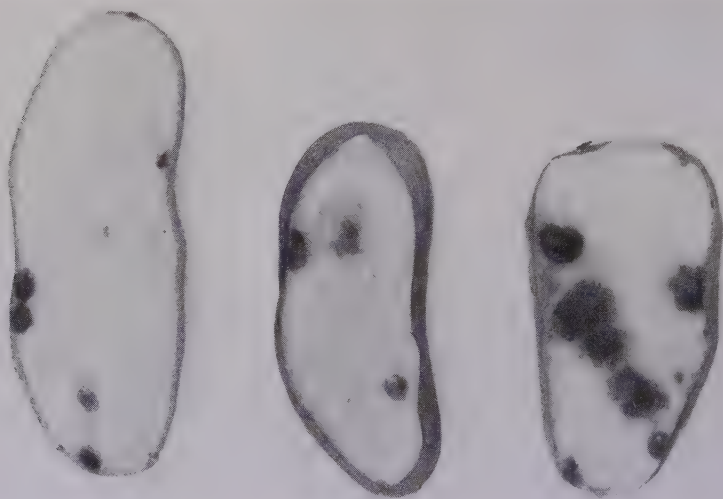


Abb. 1.

Längs durchschnittenen gelbfleckige Kartoffeln, Sorte Kipfler.

Die erkrankten gelben Teile als dunkle Flecken sichtbar. Stellenweise beginnt auch bereits das Gewebe abzusterben, was jedoch in der Abbildung nur schlecht zu sehen ist.

(Die erkrankten gelben Teile sind übertrieben dunkel wiedergegeben.)

gewebe umgeben sind, ist sehr verschieden: die kleinsten haben einen Durchmesser von kaum 2 mm, andere sind bis zu 1 cm groß, meist messen sie etwa 5—7 mm. Die Anordnung der Flecken ist völlig regellos. In vielen Fällen sind sie gleichmäßig über die ganze Knolle verteilt, bei manchen Kartoffeln liegen sie mehr gegen das Innere zu, bei anderen wieder hauptsächlich unter der Schale. Nabel- und Kronenhälften sind im Durchschnitt gleich stark betroffen. Die Zahl der erkrankten Stellen je Knolle ist äußerst verschieden.

Während im Spätherbst die erkrankten Teile vorwiegend aus völlig gleichartigen lebenden Zellen bestehen, zeigt sich gegen das Frühjahr zu immer stärker ein Absterben des pathologisch veränderten Gewebes, was

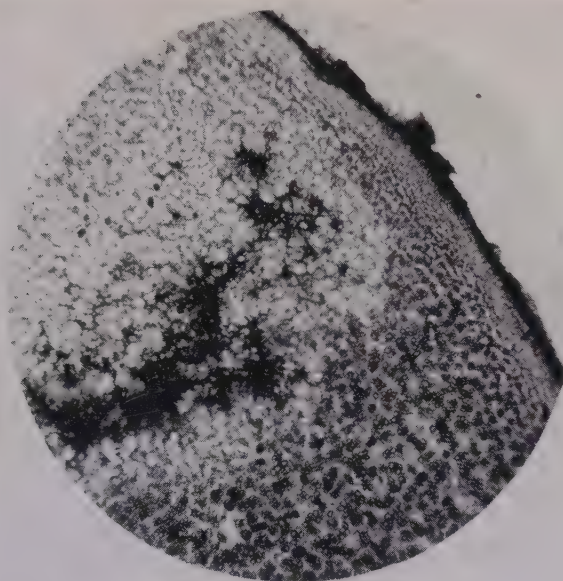


Abb. 2.

Querschnitt durch den Rand einer erkrankten gelben Stelle. In dem fast stärkefreien hellen (gelben) Teil einzelne Sphärite als kleine dunkle Kugeln. Die abgestorbenen Zellgruppen liegen in Form eines Ringes im Außenteil der erkrankten Stelle, durch eine Schicht stärkefreien gelben Gewebes vom normalen Stärkeparenchym getrennt.

(Etwa 20 fach vergrößert.)



Abb. 3.

Stark gelbfleckige Kartoffeln.

Die kranken Stellen scheinen an der Oberfläche als rundliche graue Flecken durch.

schon mit freiem Auge an der braunen Fleckung kenntlich ist. Diese toten, rostbraun verfärbten Zellgruppen haben dasselbe Aussehen wie die entsprechenden Teile eisenfleckiger Kartoffeln. Mitunter beginnt dieses Absterben an ganz unregelmäßig verteilten Stellen der dottergelben kranken Knollenteile; meist aber ist es so, daß das Gewebe in Form einer häufig durchbrochenen Kugelschale (im Querschnitt als Ring sichtbar) abstirbt, wie es Abb. 2 andeutet. Mitunter sind auch zwei übereinander-

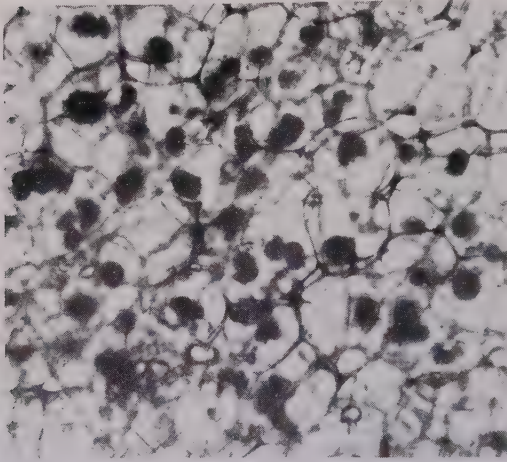


Abb. 4.

Querschnitt durch das fast stärkefreie Gewebe eines gelbfleckigen Knollenteiles mit zahlreichen Sphäriten des Quercetinglykosids (als dunkle Kugeln erscheinend). (Etwa 90 fach vergrößert.)

liegende Kugelschalen abgestorbener Zellen festzustellen, die durch lebendes tiefgelb gefärbtes Gewebe voneinander getrennt sind. Meist bilden die abgestorbenen Teile keine geschlossene Schicht, sondern es sind bloß einzelne Inseln toter Zellen vorhanden, die jedoch in ihrer Gesamtheit zu einer Kugelfläche angeordnet sind.

Liegen die gelben Flecken dicht unter der Schale, so ist ihr Vorhandensein schon von außen an der etwas dunkleren Färbung der entsprechenden Stellen kenntlich. Stirbt das gelbe Gewebe unter Braunfärbung ab, so verstärkt sich die von außen sichtbare graue

Färbung, und die Schale sinkt etwas ein, eine Folge des Zusammen-sackens der darunterliegenden abgestorbenen Teile (Abb. 3). Nach Anfeuchtung treten die verfärbten Schalenpartien, die über gelbfleckigem Gewebe liegen, besonders deutlich hervor. Den meisten erkrankten Knollen ist jedoch von außen nichts anzumerken.

II. Das mikroskopische Krankheitsbild.

Im mikroskopischen Bild (Abb. 2, 4 und 5) fällt vor allem auf, daß die gelben Flecken in den Knollen fast völlig frei von Stärkekörnern sind, jedenfalls nur einen Bruchteil der im gesunden Gewebe vorhandenen Mengen enthalten. In Abb. 2 ist auch deutlich zu sehen, daß das abgestorbene ringförmig verlaufende Gewebe durch eine stärkearme noch lebende Schicht vom angrenzenden normalen Speicherparenchym getrennt ist.

Weiter ist für die stärkearmen gelbverfärbten Teile das Auftreten zahlreicher kugelbüscheliger Kristallaggregate charakteristisch, die — wie

Abb. 4 zeigt — oft in großen Massen vorhanden sind. Abb. 5 läßt die Struktur dieser Sphärite, die meist einen Durchmesser von 30—70 μ haben, deutlich erkennen. Es sind Gebilde von Kugelform, die sich aus zahlreichen radiär angeordneten feinen langen Nadeln zusammensetzen. Meist liegt nur ein einzelner Sphärit in einer Zelle. Die Kristalle zeigen deutlich eine schwach gelbe Farbe. Unter gekreuzten Nicols weisen die Sphärite ein gerades Auslöschungskreuz auf.

Die intensiv gelbe Färbung der pathologisch veränderten Teile kommt aber nur zum geringeren Teil durch die Farbe der zahlreich vorhandenen Kristallaggregate, bzw. durch den etwa im Zellsaft gelösten Anteil dieser Substanz zustande, zum größeren Teil wird die Farbe der kranken Stellen durch die zahlreichen gelben Chromoplasten bedingt. Fast in allen erkrankten Zellen, am reichlichsten aber an der Grenze gegen das gesunde stärkehaltige Gewebe, wo andererseits die Sphärite seltener auftreten, liegen zahlreiche rundliche, etwa 3 μ große, gelbe Farbstoffträger (Abb. 6). Neben den Chromoplasten finden sich zuweilen kleine Stärkekörner, mitunter von langgestreckter Stäbchen- oder Sichelform, wie sie im normalen Stärkeparenchym der Kartoffel nicht vorzufinden sind. Das Auftreten der gelben Chromatophoren ist lediglich auf das erkrankte stärkearme Gewebe beschränkt; in den übrigen Teilen der Knollen sind sie nicht vorhanden, selbst nicht in den Zellen unter der Korkschale, die auch in den normalen Kipfler-Kartoffeln etwas stärker gelb sind als das innen liegende Gewebe. Wie die Blaufärbung der Chromoplasten mit konzentrierter Schwefelsäure zeigt, ist der vorhandene Farbstoff ein Carotinoid, bzw. ein Gemisch von Carotinoiden.

Bis auf die an der rostbraunen Verfärbung als abgestorben erkennbaren Zellnester bestehen die gelben Flecken aus lebenden Zellen mit großen runden Kernen (je 1—2 Nukleolen); z.T. liegen sie der Zellwand an, z.T. sind sie an feinen Plasmasträngen im Innern des Zellraumes aufgehängt. Die bereits abgestorbenen stark gebräunten Zellen sinken zusammen, es bilden sich mitunter auch Hohlräume, und an der Grenze gegen das noch lebende Gewebe entsteht ein Kambium, das Wundkork, plattgedrückte reihenförmig angeordnete Zellen, ausbildet. Es ist jedoch

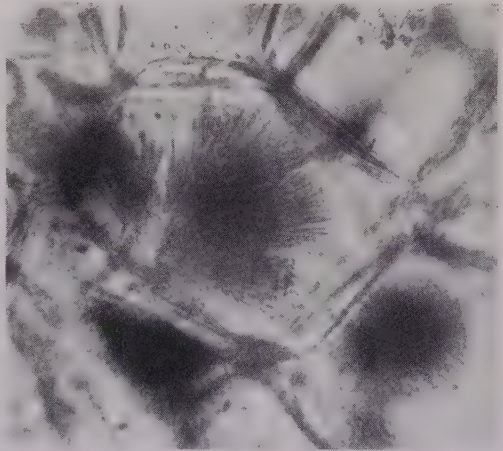


Abb. 5.
Sphärite bei starker Vergrößerung.
(Etwa 400 fach.)

zu bemerken, daß diese Wundkorkbildung durchaus nicht an allen Stellen, wo Zellen abstarben, einsetzt.

Die Membran der Stärkeparenchymzellen, aus denen die Knollen zum größten Teil bestehen, gibt mit Chlorzinkjod auch in den erkrankten Teilen die charakteristische Zellulosereaktion und löst sich in Schwefelsäure leicht auf, während die abgestorbenen Zellgruppen mit rotbraun verfärbten Membranen, sowie auch das umgebende Wundperiderm der Schwefelsäureeinwirkung widerstehen; das Periderm gibt Korkreaktion.

III. Zur Chemie der gelben Farbstoffe.

Die chemische Bearbeitung der in den gelbfleckigen Kartoffeln auftretenden Farbstoffe übernahm Herr Prof. Dr. L. Schmid (II. Chemisches Institut der Universität, Wien), der über seine Untersuchungsergebnisse an anderer Stelle eingehender berichtet wird (Monatshefte f. Chemie, 1939).

Im Einklang mit dem mikroskopischen Nachweis zahlreicher gelber Chromoplasten an den gelbfleckigen Stellen zeigt die spektroskopische Untersuchung der Extrakte das Vorhandensein von Carotin, von β -Xanthophyll (in relativ großen Mengen) und einem zweiten Xanthophyll (in geringer Menge), für dessen genaue Identifizierung die vorhandene Substanz jedoch nicht ausreichte. Die Carotinoide sind in den kranken Kartoffeln in größerer Menge vorhanden als in den gesunden. In diesem Zusammenhang

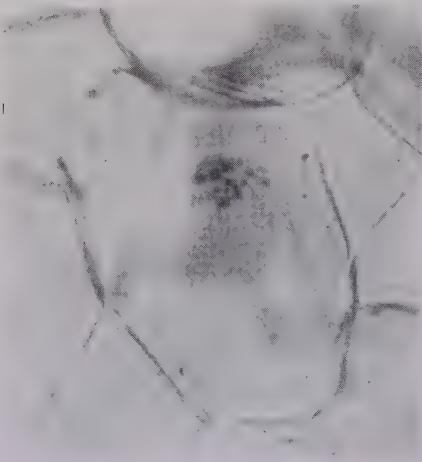


Abb. 6.
Rundliche gelbe Chromoplasten
um den Kern gelagert (kranke Stelle.)

sei betont, daß die direkte mikroskopische Untersuchung, wie auch die Schwefelsäurereaktion (Blaufärbung) nur in den gelbflechtig erkrankten Teilen Chromoplasten festzustellen erlaubt, daß somit der gelbe Farbstoff der normalen Knollenteile, der gleichfalls aus Carotinoiden besteht, nicht an Plastiden gebunden, sondern diffus verteilt ist.

Hinsichtlich der Sphärite war es mir möglich festzustellen, daß es sich gleichfalls um einen gelben Farbstoff handelt, der in Wasser nur sehr schwer löslich ist, mit heißem Alkohol dagegen aus dem Gewebe ausgezogen werden kann. Nach den Untersuchungen von L. Schmid handelt es sich um ein Glykosid. Wie Elementaranalyse, Schmelzpunkt und Mischschmelzpunkt (der Substanz selbst wie auch ihres Azetylproduktes) zeigen, besteht das Aglykon (der zuckerfreie Anteil) aus Quercetin $C_{15}H_5(OH)_5O_2$, einem gelben Flavonfarbstoff, dessen Vorkommen wohl von anderen Pflanzen,

nicht aber von der Kartoffel bekannt ist. In gesunden Kipfler-Kartoffeln findet sich diese Substanz nicht; sie ist ein spezifisches Stoffwechselprodukt der Gelbfleckigkeit. Nach meinen histochemischen Untersuchungen sind die in den kranken Teilen auftretenden Sphärite mit dem von L. Schmid isolierten Quercetinglykosid identisch: die reine Substanz gibt — unter schneller Lösung — die gleiche intensive Gelbfärbung mit Schwefelsäure wie die Sphärite im Gewebe. In gesunden Knollen, wie auch in normalen Teilen erkrankter Kartoffeln sind keinerlei Substanzen vorhanden, die mit Schwefelsäure eine solche Farbenreaktion geben. Die gleichfalls sehr intensive Gelbfärbung mit Lauge kann zur Identifizierung weniger herangezogen werden, da auch in gesunden Teilen, vor allem unter der Schale und in den Gefäßbündeln, gelöste Substanzen vorhanden sind, die eine ganz ähnliche Reaktion zeigen. Der Zucker, der als Spaltprodukt des Glykosids neben dem Quercetin aus dem Sphäritfarbstoff bei der Hydrolyse entsteht, ist eine Aldohexose, wahrscheinlich Glukose.

Das vorliegende Glykosid ist also jedenfalls von dem im Pflanzenreich weit verbreiteten Quercitrin, das als Zucker die Methylpentose Rhamnose enthält, verschieden.

IV. Weitere Beobachtungen.

Beim Kochen der Kartoffeln treten die erkrankten gelbverfärbten Knollenteile noch deutlicher hervor: Die intensive Färbung verschwindet allerdings infolge der Zerstörung der Chromoplasten. Die inhaltsarmen Zellen dieser Flecken schrumpfen zusammen, und an der Grenze gegen das normale stärkehaltige Gewebe, das durch das Aufquellen der Stärkekörner seine Form bewahrt, bildet sich ein Hohlraum aus, in dem die Reste des erkrankten stärkearmen und zum Teil gebräunten Gewebes liegen (Abb. 7). In dieser zusammengeballten Masse sind die Sphärite schon mit freiem Auge als winzige gelbe Kügelchen sichtbar und können aus dem erweichten Gewebe leicht herauspräpariert werden.

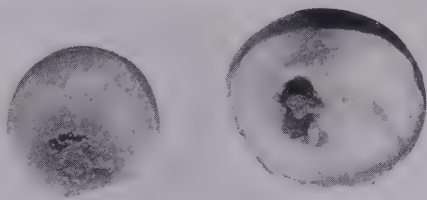


Abb. 7.

Gekochte Kipfler-Kartoffeln durchschnitten.

Hohlräume an den gelbfleckigen Stellen.

(Photographische Aufnahmen von J. Aichholzer.)

In den Jahren 1937 und 1938 wurden noch vier weitere, zufällig zur Verfügung stehende Proben Kipfler-Kartoffeln aus verschiedenen Teilen von Niederdonau geprüft. Drei von den vier Herkünften zeigten an einem beträchtlichen Teil der Knollen Gelbfleckigkeit. Die Krankheit dürfte also verbreiteter sein als es ursprünglich schien, wenngleich eine Minderung des

Speisewertes wohl nur recht selten ist; bei jenem Material, an dem wir diese Erscheinung erstmalig kennen lernten, traf dies allerdings zu. An einer der im Frühjahr 1937 untersuchten Proben war nur vereinzelt das Vorkommen intensiv gelber Stellen festzustellen, meist waren nur noch rostbraun gefärbte Flecken vorhanden; vermutlich wurde aber auch hier die typische Gelbfleckigkeit als Zwischenstadium durchlaufen.

V. Anbauversuche.

Im Hinblick auf die Ähnlichkeit mit der Eisenfleckigkeit schien eine Übertragung der Krankheit mit dem Saatgut unwahrscheinlich. Immerhin wurde in kleinem Ausmaß (mit Rücksicht auf das geringe zur Verfügung stehende Material) ein vergleichender Anbauversuch durchgeführt, unter Heranziehung von gesundem Saatgut anderer Herkunft, jedoch der gleichen Sorte¹⁾. Letzteres Material (B) wurde durch Zerschneiden der Hälfte der Knollen auf das Vorkommen gelber Flecken im Knollenfleisch geprüft (negatives Ergebnis!) und zum anderen Teil zum Anbau verwendet, der auf einem leichten sandig-lehmigen Gartenboden (Alluvialboden des Donautales bei Wien) von schwach alkalischer Reaktion (pH 7,3—7,5) erfolgte.

Die Ergebnisse finden sich in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

	Stauden- zahl	Knollen- zahl	Gesamt- gewicht kg	1. Prüfung bei der Ernte		2. Prüfung nach viermonatiger Lagerung	
				Zahl der kranken Knollen	Kranke Knollen %	Zahl der kranken Knollen	Kranke Knollen %
A ₁	6	144	1,76	14	19,5	16	22,2
A ₂	16	320	4,60	33	20,6	40	25
B	14	280	3,74	11	7,9	13	9,3

A₁ = Saatkollen lassen schon äußerlich das starke Auftreten von Gelbfleckigkeit erkennen.

A₂ = Saatkollen der gleichen Herkunft wie A₁. Äußerlich gesund. Nach dem Ergebnis der Prüfung zahlreicher ähnlich aussehender Knollen jedoch zum größten Teil zumindest leicht gelbflechtig.

B = Saatkartoffeln anderer (unbekannter) Herkunft. Nach dem Ergebnis der Schnittprobe an der gleichen Zahl ähnlich großer Knollen ist Gelbfleckigkeit nicht vorhanden

Die Hälfte jeder der drei Ernten A₁, A₂ und B wurde sofort nach dem Herausnehmen (Ende August 1937) untersucht, der Rest nach 4 monatiger Lagerung im Keller. Die Prüfung wurde durch Abtragen dünner Schichten durchgeführt, um keine Flecken zu übersehen. Wenn im folgenden

¹⁾ Herr Ing. H. Kusatz, Wien, hatte die Freundlichkeit, die Lichtkeimprobe durchzuführen, die — ebenso wie die Knollenform — keinen Unterschied zwischen den beiden Kipfler-Herkünften erkennen ließ.

eine Auswertung dieser Versuche unternommen wird, so geschieht es in dem Bewußtsein, daß das Material zu gering ist, um daraus vollständig gesicherte Schlüsse zu ziehen.

Es scheint für die Beschaffenheit der Ernte gleichgültig zu sein, ob sehr stark gelbfleckiges Saatmaterial verwendet wird oder ob — bei gleicher Herkunft — den Saatkollen äußerlich nichts anzumerken ist und sie jedenfalls weniger erkrankt sind. Dagegen fällt auf, daß bei Verwendung des gesunden Saatgutes (B) der Anteil der kranken Knollen wesentlich geringer ist als bei A_1 und A_2 (8—9% gegenüber 20—25%). Bei diesem beträchtlichen Unterschied kann es zumindest als wahrscheinlich gelten, daß die Neigung verschiedener Herkünfte der gleichen Sorte zur Gelbfleckigkeit recht ungleich ist. Ob es sich dabei um eine erbliche Eigenschaft handelt oder bloß um Nachwirkungen des Standortes, an dem das Saatgut heranwuchs, bleibt unentschieden. Andererseits geht aus dem kleinen Anbauversuch hervor, daß das Zustandekommen der Gelbfleckigkeit auch stark durch die Standortverhältnisse bedingt sein dürfte, da selbst völlig gesundes Saatgut schwach gelbfleckige Knollen zu liefern vermag.

Mit einiger Wahrscheinlichkeit weisen die Zahlen der obigen Zusammenstellung auch darauf hin, daß sich die Gelbfleckigkeit bei der Lagerung etwas verstärkt, bzw. in einem Teil der Knollen erst neu zur Ausbildung kommt. Dies stimmt gut mit der Beobachtung überein, daß auch ein Fortschreiten der Krankheit in dem Sinne erfolgt, daß im Frühjahr ein größerer Teil der erkrankten Stellen völlig oder teilweise unter Bräunung abgestorben ist als im Herbst, wo das Stadium der Gelbfleckigkeit stärker vorherrscht.

Der verhältnismäßig hohe Prozentsatz „kranker“, gelbfleckiger Knollen bei der Ernte des mitgeteilten Anbauversuches bedarf insofern einer ergänzenden Bemerkung, als die Zahl der gelben Flecken meist nur sehr gering war: ein oder zwei erkrankte Stellen von meist bloß 2—3 mm Größe, selten war die Erkrankung stärker. Eine (leichte) Minderung des Speisewertes war nur in vereinzelt Knollen gegeben. Eine so starke Ausprägung der Krankheitserscheinung, wie sie das Saatgut A_1 gezeigt hatte, war überhaupt an keiner einzigen Knolle der daraus erhaltenen Ernte festzustellen.

Bei der Prüfung der zweiten Hälfte der Ernte (Januar 1938) wurde auch das Auftreten der Gelbfleckigkeit bei großen und bei kleinen Knollen berücksichtigt. Teilt man jede der Gruppen (A_1 , A_2 und B) in große und kleine Kartoffeln, so kommen auf je eine gelbfleckige kleine Knolle bei A_2 zwei, bei A_1 drei und bei B sogar neun große, welche Gelbfleckigkeit aufweisen. Mit Rücksicht auf die beträchtlichere Masse der größeren Kartoffeln ist dies jedoch nicht auffallend. Je Volumeinheit Knollenmasse dürften gelbe Flecken bei kleinen Knollen sogar häufiger sein als bei großen.

VI. Besprechung der Ergebnisse.

Das Auftreten rostbraun verfärbter abgestorbener Zellgruppen in fortgeschrittenen Stadien der Krankheit macht es wahrscheinlich, daß die Gelbfleckigkeit eine der Eisenfleckigkeit verwandte Erscheinung ist. Auch das Vorhandensein einer stärkearmen Zone um die abgestorbenen Teile, die von G. Ehrke (*Angewandte Botanik* **17** (1935) 455) für die Eisenfleckigkeit beschrieben wurde, zeigt die Verwandtschaft der beiden Krankheiten. Das Absterben des Gewebes in Form von Kugelflächen erinnert an die Kringerkrankheit. Die Besonderheit der Gelbfleckigkeit liegt in einem außergewöhnlich starken Stärkeabbau, noch lange bevor die ersten Anzeichen von Nekrosen auftreten, und in der Ausbildung gelber Plastiden, sowie des in Form von Sphäriten abgelagerten Quercetinglykosids. Es ist bemerkenswert, daß dieser in verhältnismäßig großen Mengen auftretende Körper ein Glykosid ist. Es wird also zumindest nicht der gesamte beim Stärkeabbau entstandene Zucker veratmet, sondern vorerst noch als Glykosid abgelagert. Beginnt jedoch das Absterben des gelbfleckigen Gewebes, so tritt auch eine Auflösung dieser Substanz ein; zumindest finden sich im gebräunten toten Gewebe niemals Sphärite vor.

Hinsichtlich jener Faktoren, die das Zustandekommen der Gelbfleckigkeit bedingen, sind einstweilen nur Vermutungen möglich. Da das besonders stark erkrankte Muster von einem sehr leichten sandigen Boden mit schottrigem Untergrund stammte, könnten — ähnlich wie bei der Eisenfleckigkeit — Störungen im Wasserhaushalt und in der Nährsalzversorgung mitspielen.

Zusammenfassung.

Bei der Sorte Kipfler wurde eine Gelbfleckigkeit benannte Erkrankung der Knollen festgestellt. Die charakteristischen Symptome sind: Lokaler Stärkeabbau und Ausbildung von Plastiden, sowie eines in Nadelbüscheln abgelagerten Quercetinglykosids, wodurch eine intensiv gelbe Farbe der erkrankten Stellen zustande kommt. Im Endstadium treten unter Braunfärbung Nekrosen auf, welche z. T. durch Korkbildung abgekapselt werden.

Es ist wahrscheinlich, daß die Neigung verschiedener Herkunft zu Ausbildung der Gelbfleckigkeit recht verschieden ist.

Aus dem Institut für spezielle Botanik
der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich.

Zur Methodik der Versuche mit konstanten Bodentemperaturen.

Von

Ernst Gäumann und Otto Riethmann.

Mit 11 Abbildungen im Text.

Versuchseinrichtungen für konstante Bodentemperaturen wurden zuerst in den Vereinigten Staaten gebaut und betrieben; sie arbeiten nach dem Prinzip, daß man glasierte oder metallene Töpfe in ein Wasserbad einsenkt, dessen Temperatur durch Widerstandsheizung konstant gehalten wird. Wir haben im Jahr 1929 in unserem Institut eine Versuchseinrichtung nach dem gleichen Prinzip aufgestellt und mit ihr eine Reihe von Arbeiten durchgeführt (z. B. Tanja, 1933; Anliker, 1935; Roth, 1935; de Haan, 1937). Da wir stets wieder um technische Einzelheiten über die Einrichtung und den Betrieb dieser Anlage gefragt werden, möchten wir sie im folgenden kurz schildern. Eine kurze Beschreibung ist schon von Tanja (1933) gegeben worden.

Die Anlage umfaßt zwei Gruppen von 13 bzw. 14 Trögen in zwei Räumen eines Gewächshauses, das genau nach Süden blickt (Raum 3 und 4 der Abb. 1). An ihre Stirnseite schließen je zwei kleinere Kabinen an (1 und 2, 5 und 6 der Abb. 1); sie dienen andern Arbeitszwecken und sollen im vorliegenden Fall, zum Schutz der Räume 3 und 4, den unterschiedlichen Einfluß der Ost- und der Westseite des Glashauses auffangen helfen; trotz dieser Maßnahme ist der Raum 3, weil westlich gelegen, bei starker Sonnenbestrahlung etwas wärmer als der Raum 4. Die Räume sind hoch und luftig (Abb. 2); die senkrechten Glasscheiben können im Sommer, um die Lüfterneuerung zu erleichtern, mitsamt ihren Rahmen herausgehoben werden (Stehwände). Auf der Höhe des beginnenden Schrägdaches können weiße Baumwolltücher auf Spanndrähten durch den ganzen Raum (von Norden nach Süden) gezogen werden, um die direkte Sonnenbestrahlung zu mildern.

Die Tröge stehen zu 4 oder 5 in Reihen hintereinander von Nord nach Süd (Abb. 3). Der hölzerne Unterbau (Abb. 4 und 5, U) ist bei den nördlichen (hinteren) Trögen etwas höher als bei den südlichen (vorderen), um der gegenseitigen Beschattung nach Möglichkeit entgegenzuwirken.

Der eigentliche Trog besteht aus einer äußeren, 45—50 mm dicken, sorgfältig verzahnten, verleimten und senkrecht und wagrecht verschraubten Wanne aus Kiefernholz (Pitchpine, *Pinus palustris* Mill.; Abb. 4 und 5, *H*) und dem eigentlichen, in sich geschlossenen Wasserbehälter aus 2 mm starkem, geschweißtem Aluminiumblech (Abb. 4 und 5, *A*). Die Wanne aus Kiefernholz hat eine mechanische und eine thermische Aufgabe zu erfüllen, erstens das Wasserbad mitsamt den Töpfen zu tragen, und zweitens das Wasserbad gegen die Außentemperatur zu isolieren; Korkplatten

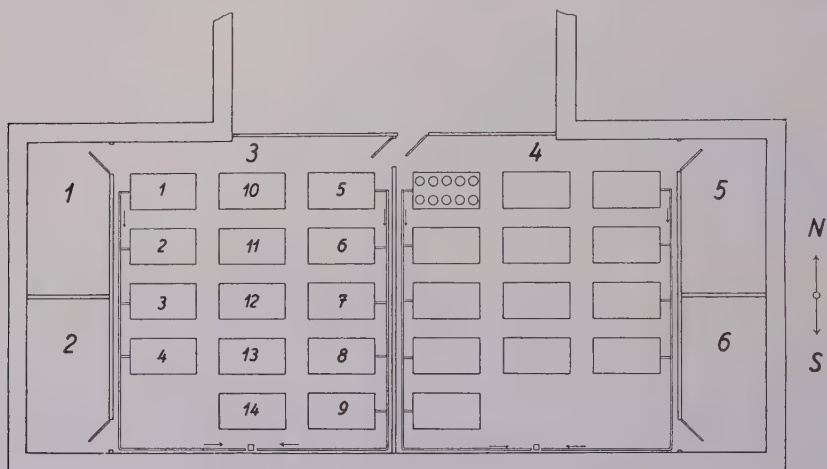


Abb. 1.

Grundriß der Bodentemperaturabteilung des Gewächshauses.
Der Verlauf der Leitungen ist nur angedeutet. Maßstab 1 : 200.

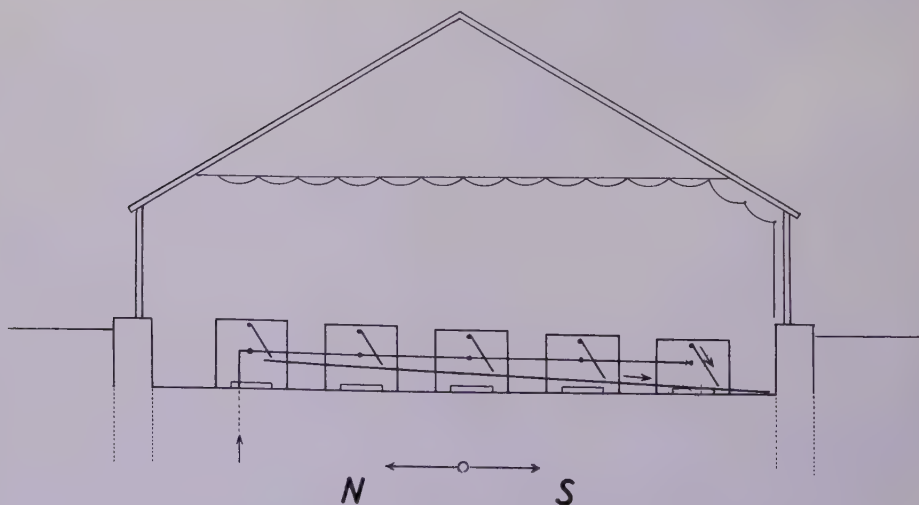


Abb. 2.

Schnitt durch die Bodentemperaturabteilung.
Der Verlauf der Leitungen ist nur angedeutet. Maßstab 1 : 100.

wären in dieser letzteren Hinsicht wohl günstiger gewesen: da sie jedoch mechanisch nicht beansprucht werden dürfen, so hätte die ganze Einrichtung durch eine besondere Tragkonstruktion abgestützt werden müssen, und dies hätte den Herstellungspreis erheblich erhöht. Es ist nicht zweckmäßig, das Wasserbad unmittelbar in den Holztrogl einzufüllen; auch das beste Kiefernholz beginnt bei den hohen Wassertemperaturen (über 27°C) innerhalb weniger Jahre zu vermorschen; dagegen kann man, statt des Aluminiumbleches, feuerverzinktes Flußeisen oder ein ähnliches Material



Abb. 3.

Teilansicht einiger Bodentemperaturtröge.
(Nach Tanja, 1933.)

verwenden. Aluminium hat den Vorteil, daß es nicht korrodiert, dagegen den Nachteil, daß es nicht mit Eisen, Kupfer usw. in Berührung kommen darf; man muß deshalb alle derartigen Bestandteile einzeln isolieren.

Der freie Raum des Troginnern ist 154 cm lang, 78 cm breit und 55 cm tief. Auf je drei hölzernen Pfosten (Abb. 4 und 5, *P*) ruhen auf der Längs-Innenseite der Tröge zwei wagrechte Balken *B*, und auf diesen liegen quer durch den Trog galvanisierte Eisenstäbe *E* (in Abb. 4 und 5 schwarz gehalten); auf diesen letztern liegen 15–20 mm dicke, mit Thanalith UA imprägnierte Fichtenbretter *F*, die das Wasserbad nach oben zudecken und in kreisrunden Öffnungen die 10 Versuchstöpfe *T* tragen. Die Versuchstöpfe liegen also mit ihrem Rand auf den Holzbrettern, und diese werden ihrerseits durch die Eisenstäbe gestützt. Verwendet man Eisenblech statt Aluminium, so läßt sich die Tragkonstruktion, weil dann

geschraubt werden darf, erheblich vereinfachen. Die Fichtenbretter *F'* erfüllen, wie der Kieferntrog *H*, eine mechanische und eine thermische Aufgabe; sie tragen erstens die Versuchstöpfe und isolieren zweitens das Wasserbad gegen die Lufttemperatur. Wieder wäre es thermisch zweckmäßiger, Korkplatten zu verwenden; diese nützen sich jedoch beim Einsetzen und Herausholen der Versuchstöpfe zu rasch ab.

Der Wasserspiegel liegt in der Höhe der wagrechten Eisenstäbe *E*. Jeder Trog enthält somit über 500 kg Wasser; die Masse wurde derart

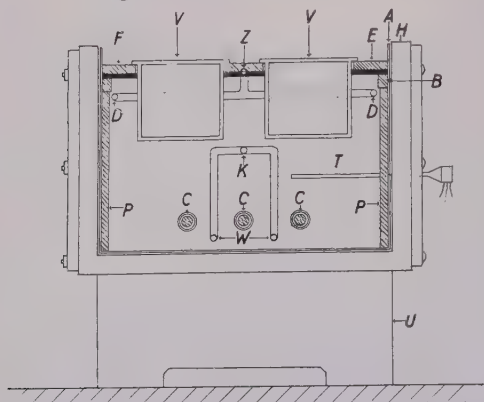


Abb. 4.

Querschnitt durch einen Versuchstrog.

Erklärung der Buchstaben im Text. 1 : 20.

Leitungswasser mit einer Temperatur zwischen 9 und 13°C zugeführt; bei den Trögen von 30 und mehr Grad (Trog 10—14 der Abb. 1) wird das Wasser, weil oberhalb der Lufttemperatur stehend, nicht andauernd erneuert, sondern es wird nur von Zeit zu Zeit der geringfügige Verdampfungsverlust ersetzt.

Das 2- bzw. 9—13 gradige Kühlwasser wird von einer Stirnseite her (Abb. 4 und 5, *K*) in das Troginnere und von hier in zwei halbzöllige, horizontale Verteilrohre *W* am Boden des Trogs geführt; diese beiden Rohre *W* besitzen an ihrer Unterseite Bohrungen (in der Nähe der Eintrittsstelle kleinere, weiter entfernt größere), durch welche das Kühlwasser gegen den Trogboden hin ausströmen kann. Es steigt sodann, mit dem Trogwasser vermischt, allmählich hoch und streicht dabei zwangsläufig an den drei anderthalbzölligen Heizrohren (Abb. 4 und 5, *C*) vorbei, die in ihrem Inneren auf Isoliermaterial den Widerstandsdraht tragen; jedes Heizrohr leistet 0,7 kWh. Das Wasser steigt noch höher und streicht am Thermoelement *T* vorbei, das über einen Schaltapparat die Widerstandsheizung in den drei Heizrohren steuert. Der Schaltapparat arbeitet dreipolig, so daß die drei Heizrohre gleichzeitig ein- und ausschalten und, bei entsprechender Anordnung der Phasen, dennoch das Netz gleichmäßig belasten; doch dürfen selbstverständlich bei Beginn einer Versuchsperiode

groß gewählt, um die thermische Trägheit der Apparatur genügend groß zu halten und den untern Rand der Versuchstöpfe genügend weit von den Einfüll- und den Heizrohren zu entfernen. Die Temperatur der Wasserbäder wird von 3—39 bzw. 42°C in Intervallen von 3°C abgestuft. Bei den Trögen von 3—12°C (Trog 1—4 der Abb. 1) wird durch eine im Keller stehende Kühlmaschine Wasser von 2°C eingepumpt; bei den Trögen von 15—27°C (Nr. 5—9 der Abb. 1) wird gewöhnliches

nicht sämtliche 27 Tröge im selben Augenblick in Betrieb gesetzt werden, da man sonst die Hauptsicherungen und den Querschnitt der Zuleitungen überdimensionieren müßte. Wir haben die sechs Verteilleitungen der zwei Versuchsgruppen nur auf je 35 Amp. abgesichert, ob schon die 13 bzw. 14 Tröge der beiden Versuchsgruppen maximal rund 130 bzw. 140 Amp. (bei 220 Volt) aufnehmen, und haben bis jetzt in fast acht Betriebsjahren noch keine diesbezügliche Störung gehabt.

Nachdem das Wasser am Thermoelement T vorbeigestrichen ist, steigt es langsam an den Versuchstöpfen hoch. Auf den beiden Längsseiten des

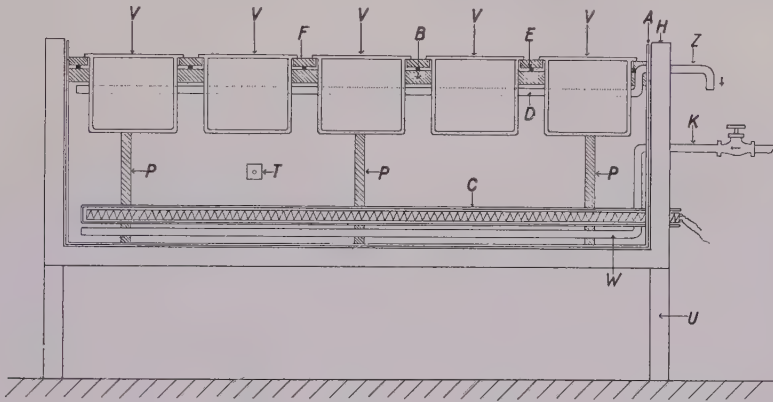


Abb. 5.

Längsschnitt durch einen Versuchstrog.

Erklärung der Buchstaben im Text. 1 : 20.

Troges sind zwei Abflußrohre D angebracht; sie tragen auf ihrer Oberseite einen breiten Schlitz, durch den das Wasser eindringt; es fließt allmählich zur Austrittsöffnung Z hin, die durch ihre Höhe die Höhe des Wasserspiegels bestimmt. Von hier fließt das Wasser ab.

Die thermische Ausbalanzierung des Wasserbades erfolgt somit erstens durch die Feinstellung der Kühlwasserzufuhr (man muß deshalb vor jedem Trog einen entsprechend fein gebauten Drosselhahn einsetzen), und zweitens durch die thermoelektrisch gesteuerte elektrische Heizung. Die Oekonomie des Betriebes hängt fast ausschließlich von der Feinregulierung der Kühlwasserzufuhr ab; denn alles zugeführte Kühlwasser muß elektrisch auf die Temperatur des betreffenden Wasserbades erwärmt werden; dagegen ist es nicht zweckmäßig, aus Ersparnisgründen (wie wir dies ursprünglich auch getan haben) das von einem Trog abgehende Wasser zur Kühlung des nächsthöher temperierten Tröges zu verwenden; denn der Überlauf von einem Trog zum andern funktioniert unzuverlässig, weil die sich ansetzenden Wasserblasen wegen des geringen Druckgefälles nicht weggerieben werden. Man kühlt also besser jeden Trog für sich allein, möglichst sparsam, mit primärem Kühlwasser, und braucht dann bei sorg-

fältiger Bewirtschaftung für eine Versuchsgruppe rund 360 Stundenliter 2 grädiges und etwa 60 Stundenliter 9—13 grädiges Kühlwasser (9°C im Winter, 13°C im Sommer). Durch Verzicht auf den 3°C Trog lassen sich mehr als die Hälfte der 360 Stundenliter des teuren, künstlich erzeugten 2 grädigen Kühlwassers einsparen.

Man wird zweckmäßig auch die Warmwasserheizung des Gewächshauses automatisch steuern und dadurch konstant halten; unter dieser Voraussetzung schwankt die Wassertemperatur des einzelnen Troges höchstens um einen halben Grad. In den Monaten Juli und August werden die Versuche ausgesetzt, da der Kühlwasserverbrauch zu hoch steigt.

Die Bauart der Versuchstöpfe entspricht dem Prinzip der Wagner'schen Vegetationsgefäße. Sie bestehen aus säurefest glasiertem Steingut: Metall wäre wegen seiner höheren Wärmeleitfähigkeit thermisch günstiger; doch hat man bei ihm andauernd mit Korrosionen zu kämpfen: einzig

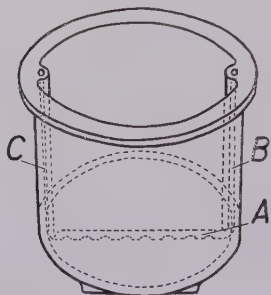


Abb. 6.

Schematische Ansicht
eines Versuchstopfes.

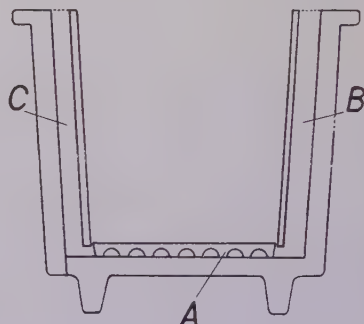


Abb. 7.

Schematischer Längsschnitt
durch einen Versuchstopf.

Maßstab rund 1 : 8. (Nach Tanja, 1933.) Maßstab rund 1 : 6. (Nach Tanja, 1933.)

Aluminium- (Antikorrodal-) töpfe sind einigermaßen beständig, jedoch unverhältnismäßig teuer. Auf dem Boden des Topfes liegt ein Kamm aus Steingut (Abb. 6 und 7, A), der mit den seitlichen Ventilationsöffnungen B und C in Verbindung steht und eine fortwährende Durchlüftung der Erde gewährleistet (auch das Begießen erfolgt in der Regel durch diese Ventilationsöffnungen). Die Töpfe werden zunächst bis ungefähr auf die Höhe dieses Kammes mit zerschlagenem Urgestein bedeckt und dabei auf gleiches Gewicht (z. B. 5 kg) gebracht. Hernach werden beispielsweise 5 kg gesiebte Erde eingefüllt und, je nach Bedarf, mit einer bestimmten Wassermenge, z. B. 600 ccm, überbraust. Dann werden die infizierten Körner gleichmäßig ausgelegt und mit einer bestimmten Menge fein gesiebter Deckerde überdeckt. Bei der Bemessung der in die Töpfe einzufüllenden Erde ist stets darauf zu achten, daß die Erdoberfläche tiefer

liegt als die Wasseroberfläche. Durch die Austarierung der Töpfe und durch die gleichmäßige Dosierung von Erde und Wasser werden alle Töpfe samt Inhalt gleich schwer und können daher leicht durch Nachwägen und durch entsprechende Wassergaben auf einem ungefähr konstanten Feuchtigkeitsgrad gehalten werden.

Die größte Schwierigkeit lag in der thermischen Ausgleichung der ganzen Versuchsanlage; nicht des Wasserbades selbst; denn die Temperaturdifferenz im Innern des Wassers, von unten nach oben und von der Mitte gegen den Rand hin, beträgt wegen der andauernden Umwälzung nur ungefähr 0.3°C , und die Schwankung an einem bestimmten Punkt beträgt, wie schon gesagt, auf die Dauer nur etwa $\pm 0.2\text{--}0.3^{\circ}\text{C}$. Die Schwierigkeit liegt vielmehr bei den Versuchstöpfen, im Temperaturgefälle vom Topfrand gegen die Topfmitte und von der Erdoberfläche (Lufttemperatur!) gegen den Boden des Topfes hin.

Über diese Schwierigkeiten hat schon Tanja (1933) berichtet: „Es spricht von selbst, daß im Innern der eingefüllten Erde ein Temperaturgefälle vom Rand der Töpfe gegen die Mitte hin und vom Boden gegen die Erdoberfläche hin besteht, sodaß die Temperaturen der Erde nicht genau mit derjenigen des umgebenden Wassers übereinstimmen. Aus diesem Grunde wurden Thermometer in die Erde gesteckt, um die wirklich in ihr herrschende Temperatur zu messen. Während des ersten Versuches betrug z. B. der Unterschied zwischen der Temperatur des Wassers und der Erde, in etwa 12 cm Tiefe gemessen, bei 30°C durchschnittlich $0,5^{\circ}\text{C}$ und bei 39°C sogar $1,2^{\circ}\text{C}$. Bei den mittleren Temperaturen waren Wasser und Erde ungefähr gleich warm, während bei den tiefsten Temperaturen die Erde in 12 cm Tiefe im Mittel $0,6^{\circ}\text{C}$ wärmer war als das Wasser. Es versteht sich aber von selbst, daß in der Schicht, in der die Körner lagen, also in etwa 3 cm Tiefe, die Unterschiede namentlich bei den höheren Temperaturen noch viel größer sein mußten; diese konnten z. B. bei 42°C bis 7°C betragen. Außerdem übte selbstverständlich auf die höheren Bodenschichten auch die Temperatur der Umgebung einen starken Einfluß aus. Besonders groß war dieser, wenn die Sonne das Glashaus beschien; es stimmten zwar alsdann die höheren Temperaturen, bei denen sonst die Fehler am größten waren, bedeutend besser überein, aber dann wichen diejenigen der kälteren Töpfe wieder mehr von dem erwünschten Wert ab“. Über ähnliche Schwierigkeiten berichtet Riethmann (1933).

Wir suchten in der Folgezeit diesen Fehlerquellen dadurch zu begegnen, daß wir, wie eingangs gesagt, die Sonnenstrahlung durch weiße Baumwolltücher auffingen und sodann auf die Erde 1 cm hoch feinen, weißen bzw. gelblichen Glassand (Quarzsand) aufschichteten. Diese letztere Maßnahme wird vor allem bei Versuchen mit Keimpflanzen angewandt; sie setzt die Abweichungen deutlich herab.

Noch besser gestaltet sich die Versuchsgenauigkeit, wenn man, sofern die Versuchspflanze und die Art des Versuches dies gestatten, die Versuchserde mit fein gesiebttem Fichtensägemehl bedeckt. Wir möchten zum Schluß über eine Versuchsgruppe berichten, die den Einfluß der unterschiedlichen Bodentemperatur auf die Entwicklung von Tomatenpflanzen festzustellen suchte und bei welcher verschiedene Schichtdicken von Sägemehl zur Anwendung kamen.

Am 2. Dezember 1936 wurden Tomaten, Sorte Lukullus, ausgesät, am 28. Dezember das erste Mal versetzt und am 25. Januar 1937 (1 Pflanze je Topf) in die Versuchstöpfe übergepflanzt. Diese waren mit je 5 kg gesiebter, gut gedungter Ackererde beschickt worden. Am 2. Februar wurden die Versuchstöpfe in die Tröge gestellt, je Trog 9 Töpfe: 3 wurden unbedeckt gelassen, 3 mit 3 cm und 3 mit 6 cm Fichtensägemehl bedeckt. Durch einen kleinen, gebogenen Blechstreifen wurde am Rand jedes Topfes ein ungefähr 3 cm breites, linsenförmiges Segment offen gehalten, um, neben der Gewichtskontrolle, den Feuchtigkeitszustand des Erdreichs auch von bloßem Auge überwachen zu können. In je einen Topf der drei Gruppen jedes Troges wurde ein Thermometer gesteckt, und zwar in die Topfmitte, die Spitze 1.5 cm tief im Boden drin. Die Ablesungen erfolgten in der Regel morgens und abends. Die durchschnittliche Lufttemperatur betrug 19° C.

Die Pflanzen wurden durch ein Fungicid und ein Insekticid gesund erhalten. Als Düngung wurden je Topf, gelöst durch eine Ventilationsöffnung, in Intervallen von etwa einer halben Woche, 0.3 g Lonzin gegeben, ein Mischdünger mit 16 % P_2O_5 , 17 % N und 21 % K_2O , der sich erfahrungsgemäß für Tomaten sehr gut eignet. Die Ernte erfolgte am 7. und 8. Mai, also 156 Tage nach der Aussaat. Die Früchte waren zu dieser Zeit noch nicht reif; insbesondere bei den hohen Temperaturen waren neben größeren Früchten noch viele Blüten und unentwickelte Früchtchen vorhanden.

Wir besprechen zunächst den Einfluß der Sägemehlbedeckung auf die Temperatur der oberflächlichen Bodenschicht. Die Temperaturen des Wassers und der drei Bodentypen wurden an je 94 Tagen abgelesen. Die Ergebnisse sind, auf Grund der arithmetischen Mittel aus diesen Ablesungen, in Abb. 8 graphisch dargestellt.

Auf der Abszisse sind die Temperaturen der Wasserbäder abgetragen. Falls in einem bestimmten Trog kein Temperaturgefälle vom Wasserbad in das Erdreich hinein bestände, so wäre die durchschnittliche Abweichung der Erdtemperatur von derjenigen des Wasserbades gleich Null; tatsächlich bewirkt aber die Lufttemperatur, daß die oberflächliche Schicht des Erdreiches bei den unterkühlten Töpfen etwas wärmer, bei den hoch er-

wärmten Töpfen etwas kühler ist als der Temperatur des Wasserbades entsprechen würde.

Wir sehen in Abb. 8, daß das nicht mit Sägemehl geschützte Erdreich in der Mitte des Topfes in 1.5 cm Tiefe bei den Wassertemperaturen von 4.7, 6.5, 9.4 und 12.2° C um rund 1.5° C wärmer ist als das Wasserbad: bei 15.3° C ist die Abweichung gleich null; bei 18.2° C ist das nicht geschützte Erdreich in der Mitte des Topfes, in 1.5 cm Tiefe, um 0.5° C kühler als das Wasserbad; mit steigender Wassertemperatur wird die Abweichung größer, bei 39.7° C ist die oberflächliche Erdschicht in der Mitte der Töpfe um 6.3° C kühler als das umgebende Wasser. Man wird also nach dieser Arbeitsweise nur bei Versuchstemperaturen von 5—20° C mit einer hinlänglich gleichmäßigen Temperaturverteilung vom Topfrand gegen

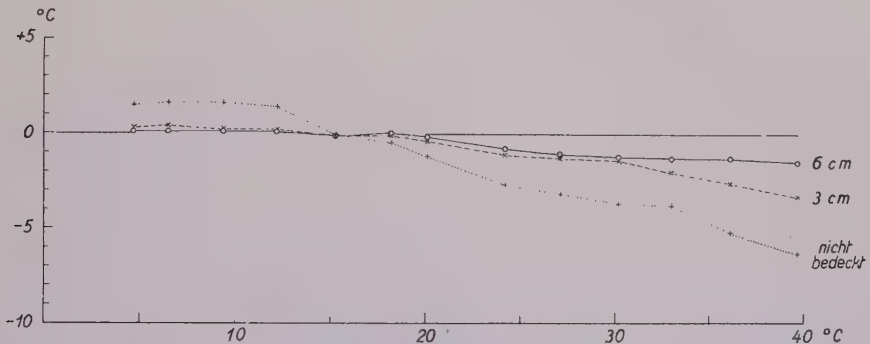


Abb. 8.

Mittlere Abweichung der Bodentemperaturen an der Erdoberfläche in der Topfmitte von denjenigen des Wasserbades. Erklärung im Text.

die Topfmitte und vom Topfboden gegen das offene Ende hin rechnen dürfen. Bei den Wassertemperaturen von 24.2—33.0° C ist das Temperaturgefälle vom Topfrand gegen die Topfmitte hin ungefähr gleich groß wie das Temperaturintervall von einem Trog zum andern; und bei den Wassertemperaturen von 36.1 und 39.7° C wird das Temperaturgefälle im Innern des Erdreiches größer sein als die Temperaturstufen der Versuchsreihe. Diese Abweichungen sind es ja, die Tanja und Riethmann seinerzeit beschrieben haben und die den Anlaß zu den Abschirmungsversuchen gaben.

Bedeckt man das Erdreich 3 cm hoch mit Fichtensägemehl, so schwanken die Abweichungen der mittleren Temperatur der oberflächlichen Erdschicht gegenüber derjenigen des Wasserbades bei den Trögen von 4.7—20.1° C zwischen + 0.4° C (beim Trog von 6.5° C) und — 0.4° C (beim Trog von 20.1° C); innerhalb dieses Versuchsbereiches ist also das Temperaturgefälle vom Topfrand zur Topfmitte nicht wesentlich größer als der Methodenfehler der Apparatur selbst. Bei den Trögen von 24.2—33.0° C steigt die

mittlere Abweichung auf -1.1 bis -2.0°C ; auch diese Abweichungen können noch ertragen werden; denn wir verfolgten die Temperatur an der ungünstigsten Stelle, 1.5 cm unter der Erdoberfläche, in der Mitte des Topfes. Erst bei den Wassertemperaturen von 36.1 und 39.7°C wird das Temperaturgefälle im Innern des Erdreiches unzulässig hoch (Abb. 8); doch sind 36 und 39°C schon Bodentemperaturen, mit welchen wir bei den Kulturpflanzen unseres Klimas nicht mehr dauernd zu rechnen haben und die in der Regel von ihnen auch nicht mehr dauernd ertragen werden; es ist deshalb für den Versuchsansteller in den meisten Fällen unerheblich, wenn er diese Werte nur noch als ungenaue Grenzwerte mitnehmen kann.

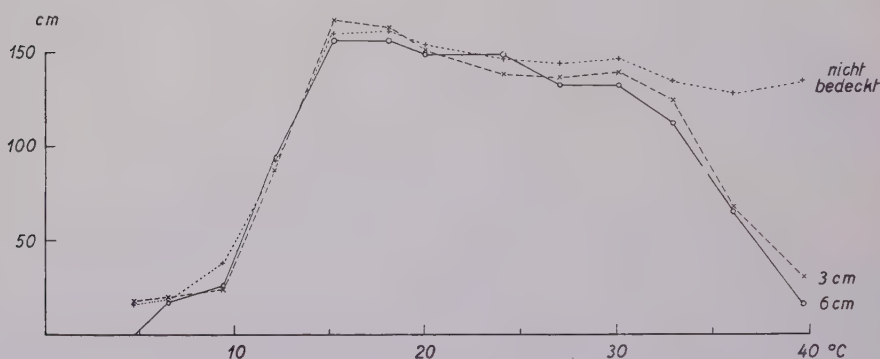


Abb. 9.
Mittlere Länge des Haupttriebes der Tomatenpflanzen
bei den verschiedenen Bodentemperaturen.

Wir ziehen somit aus diesen Beobachtungen den Schluß, daß eine 3 cm hohe Sägemehlschicht ausreicht, um bei Trogtemperaturen von $5-20^{\circ}\text{C}$ das Temperaturgefälle in der oberflächlichen Erdschicht vom Topfrand gegen die Topfmitte hin derartig klein werden zu lassen, daß man es vernachlässigen darf; von $24-33^{\circ}\text{C}$ beträgt dieses Gefälle -1.1 bis -2.0°C ; es ist also immer noch erträglich. Erst bei Trogtemperaturen von 36°C und mehr wird der Versuch ungenau.

Bedecken wir das Erdreich 6 cm hoch mit Fichtensägemehl, so schwanken bei den Trögen von $4.7-20.1^{\circ}\text{C}$ die durchschnittlichen Abweichungen nur von $+0.1$ bis -0.2°C ; sie sind also kleiner als der Methodenfehler der Apparatur. Bei der Trogtemperatur von 24.2°C steigt das durchschnittliche Temperaturgefälle auf -0.8°C und sodann allmählich bis auf -1.5°C beim 39.7°C grädigen Trog. Falls man also aus versuchstechnischen Gründen eine 6 cm hohe Schicht aus Fichtensägemehl über dem Erdreich anbringen darf, so wird bei den Arbeitstemperaturen von $5-20^{\circ}\text{C}$ kein wesentliches Temperaturgefälle im Innern der Versuchstöpfe bestehen und bei den höheren Versuchstemperaturen nur ein solches von -0.8 bis -1.5°C .

Man wird also, sofern die übrigen Versuchsbedingungen dies gestatten, das Erdreich bei Bodentemperaturversuchen mit Fichtensägemehl überschichten, und zwar, wie andere Versuche zeigten, am zweckmäßigsten in der Schichtdicke von 4 cm.

Wir betrachten nunmehr das Verhalten der Versuchspflanzen bei den verschiedenen Bodentemperaturen und den verschiedenen Abschirmungsverfahren. Sämtliche Pflanzen der Tröge von 4,7 und 6,5° C und diejenigen der bedeckten Töpfe von 9,4° C waren leidend einige gingen

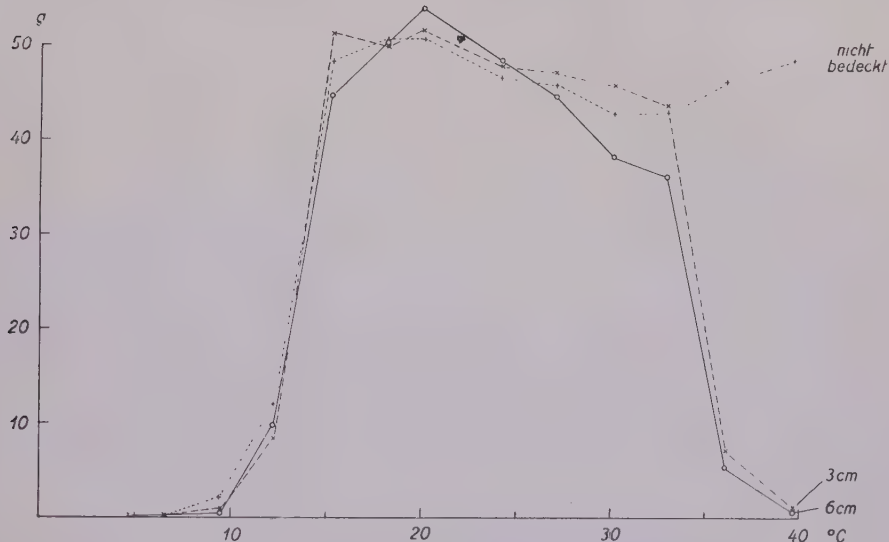


Abb. 10.
Mittleres Lufttrockengewicht der Tomatenstauden
bei den verschiedenen Bodentemperaturen.

vor Abschluß des Versuches ein, nachdem Wurzelhals und Wurzeln verfault oder eingetrocknet waren; der Rest konnte sich nur mit kümmerlich entwickelten Herzblättchen durchhalten.

Die Blattfarbe der Versuchspflanzen von 12,2 und 15,3° C war tiefgrün; sie wurde bei den höheren Temperaturen heller, bis gelbgrün. In den bedeckten Töpfen von 12,2, 36,1 und 39,7° C traten, offenbar infolge Ernährungsstörungen, im Verlauf der fünf Monate zahlreiche absterbende und vertrocknende Blattflecken auf.

Unter den Ernteergebnissen seien hier die mittleren Längen des Haupttriebes (die Höhe der Pflanze) und das mittlere Lufttrockengewicht je Pflanze (Stengel und Kraut, ohne Früchte) besprochen. Die mittleren Längen des Haupttriebes sind in Abb. 9, die mittleren Lufttrockengewichte in Abb. 10 graphisch veranschaulicht. Da die Werte das arithmetische Mittel aus nur drei Pflanzen darstellen, so sind sie mit einer großen

Streuung behaftet. Zur Ergänzung der Erntezahlen ist in Abb. 11 die Ausbildung des Wurzelwerkes für einige charakteristische Beispiele festgehalten.

Bei den Trogttemperaturen von 4,7—9,4°C ist kein nennenswertes Wachstum der Tomatensetzlinge erfolgt (Abb. 9 und 10); die Setzlinge behielten vielmehr die Höhe bei, in der sie eingetopft wurden. Abb. 11, 1, zeigt, daß selbst in den nicht abgeschirmten Töpfen der Trogttemperatur von 6,5°C die ursprüngliche Hauptwurzel angefault oder abgestorben ist und daß sich an der Stengelbasis einige Luftwurzeln gebildet haben. Abb. 11, 2, läßt ferner erkennen, daß zwar bei den nicht bedeckten Töpfen von 9,4°C das untere Stück der Hauptwurzel des Setzlings abgestorben ist, daß sich aber in der oberflächlichen Erdschicht ein locker verzweigtes neues Wurzelwerk entwickelt hat; da jedoch, wie schon erwähnt, die oberirdischen Teile der Pflanzen bei dieser Temperatur kein nennenswertes Wachstum zeigen (Abb. 9 und 10), so müssen wir annehmen, daß diese auf rund 10°C herabgeköhlten Tomatenwurzeln wohl zu wachsen vermögen, aber physiologisch noch nicht leistungsfähig sind. Wie hart unterhalb der unteren Lebensgrenze der Tomaten die Bodentemperatur von 10°C liegt, zeigt ein Vergleich mit Abb. 11, 3; hier, wo die Trogttemperatur von 9,4°C wegen der Abschirmung wirklich auch im oberflächlichen Erdreich innegehalten wird, ist das gesamte, vom Setzling herrührende Wurzelwerk abgestorben.

Bei der Trogttemperatur von 12,2°C beginnen die Tomaten einigermaßen normal zu wachsen, immerhin mehr nach der Höhe (Abb. 9) als nach der Substanzbildung hin (Abb. 10). Das Wurzelwerk der abgeschirmten Töpfe ist ähnlich ausgebildet wie es in Abb. 11, 4, für die nichtbedeckte Versuchsgruppe wiedergegeben wurde.

Bei den Bodentemperaturen zwischen 15 und 25°C zeigen das Höhenwachstum und die Substanzbildung der Pflanzen ein Optimum; dies stimmt gut überein mit den Angaben, die Riethmann (1933) auf Grund ähnlicher Versuche veröffentlicht hat. Das Wurzelwerk durchzieht gleichmäßig den gesamten Topfballen (Abb. 11, 5). Innerhalb der Bodentemperaturen von 12—25°C lassen sich ferner zwischen den Ergebnissen der drei Versuchsverfahren (nicht bedeckte, 3 cm und 6 cm hoch abgeschirmte Erde) keine Unterschiede feststellen; die kleinen Abweichungen liegen innerhalb des Schwankungsbereiches.

Von 25°C an beginnen in Abb. 9 und 10 die Kurven auseinander zu streben. Die nichtbedeckten Töpfe liefern auch fernerhin einen guten Ertrag, sowohl hinsichtlich der Wuchshöhe als hinsichtlich der Substanzbildung der Pflanzen; dies rührt davon her, daß die Pflanzen ihre Wurzeln noch in der obersten Erdschicht ausbreiten können, wo ja nach Abb. 8 die Temperatur bis 6°C niedriger sein kann als dem Wasserbad entsprechen würde: statt 39,7°C herrscht also in der oberflächlichen Erdschicht in der Mitte des Topfes, also in der Nähe der Pflanze, nur eine Temperatur von

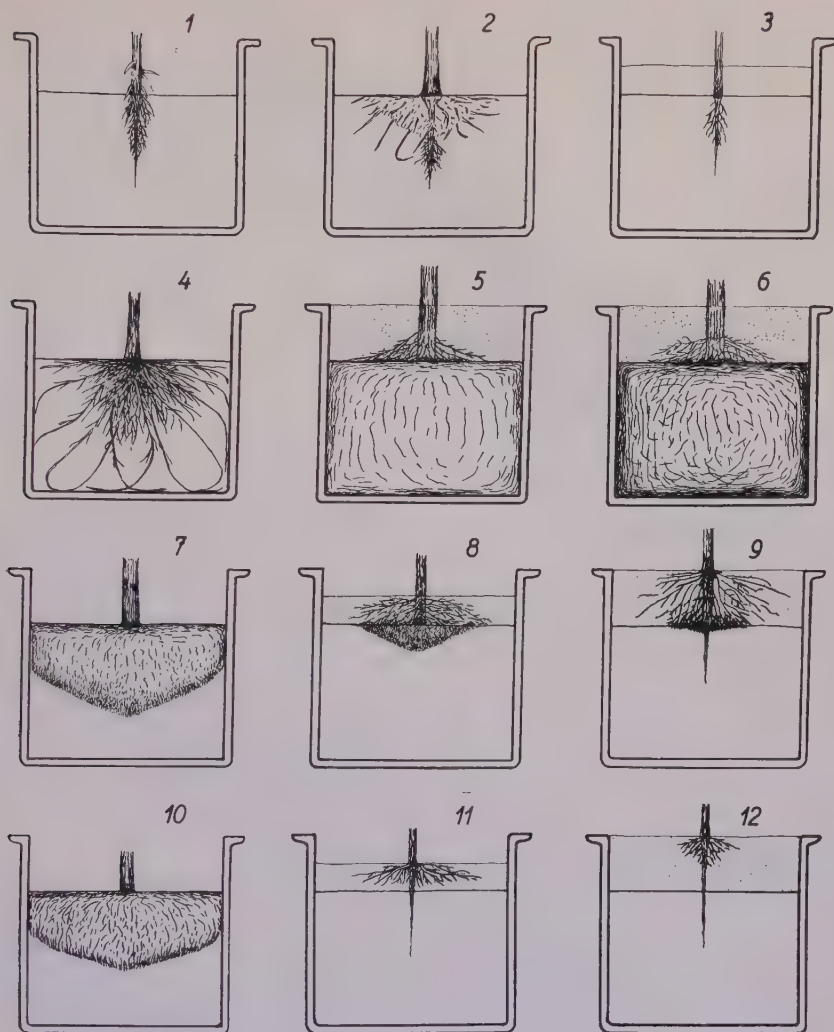


Abb. 11.

Die Ausbildung des Wurzelwerkes der Tomatenpflanzen
bei einigen Bodentemperaturen unter verschiedenen Abschirmungsbedingungen.

1. Trogltemperatur $6,5^{\circ}\text{C}$. Erdreich nicht bedeckt.
2. und 3. Trogltemperatur $9,4^{\circ}\text{C}$. Erdreich nicht bedeckt bzw. mit 3 cm Sägemehl abgeschirmt.
4. Trogltemperatur $12,2^{\circ}\text{C}$. Erdreich nicht bedeckt.
5. Trogltemperatur $15,3^{\circ}\text{C}$. Erdreich 6 cm hoch abgeschirmt.
6. Trogltemperatur $33,0^{\circ}\text{C}$. Erdreich 6 cm hoch abgeschirmt.
- 7.—9. Trogltemperatur $36,1^{\circ}\text{C}$. Erdreich nicht bedeckt bzw. 3 und 6 cm hoch abgeschirmt.
- 10.—12. Trogltemperatur $39,7^{\circ}\text{C}$. Erdreich nicht bedeckt bzw. 3 und 6 cm hoch abgeschirmt.

33—35°C. Abb. 11, 7 und 10, lassen die hierdurch bedingte anormale Verteilungsart des Wurzelwerkes erkennen. Der in Abb. 9 und 10 von 30°C an waagrecht verlaufende oder gar nach oben strebende Ast der punktierten Kurve ist somit nur der Ausdruck eines Methodenfehlers.

In den abgeschirmten Töpfen läßt sich bei diesen hohen Trogttemperaturen eine ähnliche Diskrepanz zwischen der Intensität des Wurzelwachstums und dem Ertrag der oberirdischen Teile erkennen, wie wir sie soeben für die nicht abgeschirmten Töpfe von 9°C angedeutet haben; so ist bei der Trogttemperatur von 33°C der ganze Topfballen sehr stark durchwurzelt (Abb. 11, 6), am Boden und am Rand des Topfes sogar verfilzt; dennoch ist die Wuchshöhe und der Ertrag der Pflanzen deutlich geringer, als beispielsweise bei 20°C mit einem viel schwächeren Wurzelgeflecht geschaffen wurde; die physiologische Leistungsfähigkeit der Wurzeln muß also bei diesen hohen Temperaturen geringer sein.

Bei den abgeschirmten Töpfen von 36,1°C ist das Wurzelwachstum im Innern des Erdreiches nur noch gering. Die alte Hauptwurzel des Setzlings ist meist abgestorben; sekundäre Wurzeln wuchern in das Sägemehl hinaus und dringen bei der 3 cm hohen Abschirmung noch 2—3 cm tief in das Erdreich ein, bei der 6 cm hohen Abschirmung nur noch in Spuren (Abb. 11, 8 und 9). Nach Abb. 8 ist die oberflächliche Erdschicht bei den abgeschirmten Töpfen um 2,6 bzw. um 1,3°C kühler als das umgebende Wasser; die durchschnittliche Temperatur der oberflächlichen Erdschichten beträgt also bei 3 cm hoher Abdeckung etwa 33—34°C, bei 6 cm hoher Abdeckung etwa 35°C. Bei 33—34°C ist nach Abb. 11, 8, noch ein geringes Wurzelwachstum vorhanden, bei 35°C nach Abb. 11, 9, nicht mehr. Hier liegt also die obere Grenze des Wurzelwachstums der Tomaten. Trotz des recht deutlichen Unterschiedes in der Ausbildung des Wurzelwerkes zwischen Abb. 11, 8 und 9, besteht nach Abb. 9 und 10 in der Leistung der oberirdischen Teile kein nennenswerter Unterschied. Wahrscheinlich sind mit der aufsteigenden Feuchtigkeit genügend Nährstoffe in das Sägemehl gedrungen, um in Abb. 11, 9, den dort wuchernden Wurzeln einige Nahrung zu bieten. Die Wachstumsleistungen, die in Abb. 9 und 10 für die Trogttemperatur von 36,1°C ausgewiesen werden, sind also nur Artefakte, nur eine Folge eines (freilich kaum vermeidbaren) Methodenfehlers.

Vollends lebensunfähig sind die Tomatensetzlinge im abgeschirmten Erdreich der 39,7°-Tröge. Die Hauptwurzel ist abgestorben (Abb. 11, 11 und 12), und die sekundären Wurzeln wuchern nur noch in das Sägemehl hinaus; aber auch hier vermögen sie sich bei der 6 cm hohen Abschirmung bloß in den obersten Schichten zu halten.

Mit der Besprechung dieser Ergebnisse möchten wir zeigen, daß zwar die Abschirmung der Versuchstöpfe mit Fichtensägemehl methodisch ihre Vorzüge besitzt, doch anderseits auch wieder ihre Unzulänglichkeiten, die man von Fall zu Fall berücksichtigen muß.

Zusammenfassung.

1. Es wird eine eingehende Beschreibung des Baues und des Betriebes einer Versuchseinrichtung für konstante Bodentemperaturen gegeben.
2. Tomaten beginnen erst bei einer Bodentemperatur von 12° C einigermaßen normal zu gedeihen; sie besitzen bei Bodentemperaturen zwischen 15 und 25° C ihr Optimum und bei 33—34° C ihr Maximum, dies alles bei einer Lufttemperatur von durchschnittlich 19° C.
3. Bei einer Bodentemperatur von 9° C und bei einer solchen von rund 33° C vermögen zwar die Wurzeln von Tomaten noch mehr oder weniger kräftig zu wachsen; doch ist ihre physiologische Leistungsfähigkeit gering.

Zitierte Literatur.

- Anliker, J., 1935. Beiträge zur Kenntnis der Fusariose des Roggens. (Beiträge zur Kryptogamenflora der Schweiz, Bd. 8, Heft 4, 115 S.)
- Haan, J. Th. de, 1937. Untersuchungen über das Auftreten der Keimlings-Fusariose bei Gerste, Hafer, Mais und Reis. (Phytopath. Zeitschrift, **10**, 235—305.)
- Riethmann, O., 1933. Der Einfluß der Bodentemperatur auf das Wachstum und die Reifezeit der Tomaten. (Berichte der schweiz. bot. Gesellschaft, **42**, 152—168.)
- Roth, C., 1935. Untersuchungen über den Wurzelbrand der Fichte (*Picea excelsa* Link.) (Phytopath. Zeitschrift, **8**, 1—110.)
- Tanja, A. E., 1933. Untersuchungen über *Gibberella Saubinetii* (Dur. et Mont.) Sacc. und die Fusariose des Weizens. (Phytopath. Zeitschrift, **6**, 375—428.)
-

Besprechungen.

Handbuch der Pflanzenzüchtung. In Verbindung mit zahlreichen Mitarbeitern herausgegeben von Th. Roemer und W. Rudorf. Fünf Bände mit vielen hundert Abbildungen. Verlag von Paul Parey, Berlin SW 11, Hedemannstr. 28/29. Erscheint in etwa 20 Lieferungen zum Subskriptionspreis von je 6.50 Rm.

Aufgabe der Pflanzenzüchtung ist es, für die verschiedenen Zweige der pflanzlichen Erzeugung die geeignetsten Kulturpflanzen zu schaffen. In diesem Arbeitsbereich nimmt die Immunitätszüchtung einen breiten Raum ein; der Name der Herausgeber bietet Gewähr, daß diesem Gesichtspunkt volle Aufmerksamkeit geschenkt wird, sodaß das Werk in die Bücherei jedes Pflanzenpathologen und jedes Pflanzenschutzbeauftragten gehört.

Der erste Band behandelt die allgemeine Züchtungslehre, der zweite die Züchtung der Hauptgetreidearten, der dritte die Hülsenfrüchter, die kleeartigen Futterpflanzen, die Gräser und die Kohl-Futterpflanzen, der vierte die Kartoffeln, Rüben, Öl- und Gespinstpflanzen, Tabak, und der letzte die Gemüse, das Obst und die Forstpflanzen.

Bis jetzt sind 2 Lieferungen (Bogen 1—10) erschienen; sie schaffen einen Teil der theoretischen Grundlage. Fr. von Wettstein (Berlin) schildert in meisterhafter Kürze das Problem der natürlichen Formenmannigfaltigkeit. Th. Schmucker (Göttingen) bearbeitet die Biologie der Vermehrung der höheren Pflanzen, vegetative Vermehrung, Blütenbiologie, Befruchtungsvorgänge und deren Störungen, Apogamie, Parthenogenese, Parthenokarpie usw. P. Michaelis (Müncheberg) stellt die allgemeinen Probleme der Vererbung ausgezeichnet dar, Genom, Plasmon, Plastidom, Faktorenaustausch usw. Am Schluß der 2. Lieferung beginnt (unvollendet) die Arbeit von H. von Berg (Müncheberg) über die Morphologie der Chromosomen. Die folgenden Lieferungen werden beispielsweise über Mutation, natürliche Auslese und über Ertragssicherheit (physiologische Resistenz und Krankheitsresistenz) berichten.

Es ist wohl einer Anweisung der Herausgeber an die Mitarbeiter zu danken, daß jeder neu auftretende Fachausdruck knapp umschrieben wird. Das Handbuch der Pflanzenzüchtung wird deshalb nicht nur ein Handbuch sein, sondern ein ganz vorzügliches Lehrbuch, das sowohl dem Praktiker, z. B. dem Saatzuchtleiter, als auch dem Studierenden der Landwirtschaft und der Botanik, als endlich auch dem Fachbotaniker selbst manche Vertiefung vermitteln wird.

G ä u m a n n (Zürich).

Mundkur B. B. Fungi of India. Supplement I. (The Imp. Council of agric. research, scient. monograph 12, 54 S. Delhi, Manager of publications, 2 sh. 3 d.).

Im Jahre 1930 erschien in Calcutta das Werk "The fungi of India" von E. J. Butler und G. R. Bisby, das eine Liste sämtlicher aus Indien bekannter Pilze enthielt; es zählte 2351 Pilzarten mit ihren Wirten und ihren Verbreitungsgebieten innerhalb Indiens auf. In den vergangenen Jahren ist die mykologische Forschung in Indien stark gefördert worden. Neben den landwirtschaftlichen Versuchsanstalten, die sich vor allem dem Studium der pathologisch bedeutsamen

Pilze widmen, trugen einige botanische Universitätsinstitute durch Untersuchungen über die Boden- und die koprophilen Pilze, ferner über die Hymenomyceten zur wissenschaftlichen Abrundung des Bildes bei. Schon nach acht Jahren konnte deshalb Mundkur in dem vorliegenden ersten Nachtrag die Liste um 433 Eumyceten und 84 Myxomyceten erweitern. Eine Art, *Mycosphaerella tinosporae* Ajrekar auf *Tinospora cordifolia* Miers, und einige Kombinationen, *Peronospora Gaeumannii* Mundkur auf *Argemone mexicana* L. (syn. *Peronospora indica* Gm.), *Chaetothyrium Butleri* (Syd.) Mundkur auf *Artocarpus mysorensis* (syn. *Phaeosaccardinula Butleri* (Syd.) Theiss. et Syd.), *Cerebella Volkensii* (P. Henn.) Mundkur auf *Andropogon Sorghum* (syn. *Cerebella sorghi vulgaris* Subram.), und *Colletotrichum Bakeri* (Syd.) Mundkur auf *Ricinus communis* L. (syn. *Vermicularia Bakeri* Syd.) sind neu. Der Nachtrag des Literaturverzeichnisses umfaßt 134 Arbeiten. Das sehr sorgfältig verfaßte Buch wird dem Pflanzenpathologen bei der Feststellung der Verbreitungsgebiete der tropischen Pflanzenkrankheiten unentbehrlich sein.

G ä u m a n n (Zürich).
